rt Anno 2010_Numero 137

rapporti tecnici INGV

La Rete Sismica Mobile del Centro Nazionale Terremoti

137

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Anno 2010_Numero 137

rapporti tecnici INGV

LA RETE SISMICA MOBILE DEL CENTRO NAZIONALE TERREMOTI

Milena Moretti[1], Aladino Govoni[1,2], Gianfranco Colasanti[1], Marcello Silvestri[1], Edoardo Giandomenico[1], Stefano Silvestri[1], Fabio Criscuoli[1], Lucian Giovani[1], Alberto Basili[1], Claudio Chiarabba[1] e Alberto Delladio[1]

[1]**INGV** (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti)
[2]**INOGS** (Istituto Nazionale Oceanografia e Geofisica Sperimentale - Centro Ricerche Sismologiche, Udine)

137

Indice

Introduzione	5
1. La Rete Sismica Mobile del Centro Nazionale Terremoti	5
1.1 La rete digitale locale *stand-alone*	6
1.2 La rete digitale in telemetria UMTS	8
1.3 La rete digitale in telemetria satellitare	9
2. La strumentazione	12
2.1 I digitalizzatori	12
2.1.1 Famiglia REF TEK: modello 130	12
2.1.2 Famiglia *Nanometrics*: modello *Taurus*	13
2.2 I sensori: velocimetri e accelerometri	13
2.2.1 Famiglia *Lennartz*: modello *LE-3Dlite* e LE 3D/5s	14
2.2.2 Famiglia *Nanometrics*: modello *Trillium* 40s e Trillium *Compact* 120s	16
2.2.3 *Kinemetrics EpiSensor* FBA ES-T	18
3. Prove di rumore	18
4. Linee guida per l'installazione	19
4.1 Scelta del sito	19
4.2 L'impianto di alimentazione: orientamento ed inclinazione dei pannelli solari	20
Ringraziamenti	22
Bibliografia	23
Allegato A - PFC_130: Configurazione e controllo REF TEK 130-1	25
Allegato B - Procedure di controllo e verifica funzionamento REF TEK 130-1	49

Introduzione

Il monitoraggio sismico e vulcanico del territorio nazionale rappresenta uno dei principali compiti istituzionali dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

L'INGV svolge tale importante funzione attraverso la gestione e la manutenzione di reti sismiche di diversa tipologia e a differente scala che consentono di monitorare il territorio nazionale in tempo reale. Tre sale di sorveglianza, una sismica presso la sede centrale di Roma e due vulcaniche presso la Sezione di Catania e l'Osservatorio Vesuviano di Napoli, con personale qualificato in turno H24, consentono di elaborare e comunicare tempestivamente al Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (DPC) e alle sue strutture regionali eventuali stati di allarme e il livello dell'emergenza.

Il Centro Nazionale Terremoti (CNT) è la sezione dell'INGV preposta al monitoraggio sismico del territorio italiano ed interviene in questo importante servizio attraverso la gestione e la manutenzione della Rete Sismica Nazionale (RSN) in collaborazione con le altre sedi dell'INGV dislocate sul territorio e con gli uffici tecnici locali. Competenza del CNT è anche la rete sismica euro-mediterranea (*MedNet*): una rete di stazioni sismiche a larga banda dislocate nei Paesi che circondano il Mediterraneo in condivisione con molti istituti geofisici. Negli ultimi anni tali reti sono cresciute sia come numero di stazioni che come tecnologia, consentendo di controllare in maniera estesa lo spettro di frequenze emesse dalla sorgente sismica e la ciclicità delle strutture sismogenetiche.

In alcune aree del territorio nazionale l'alta densità di tali reti sismiche rende possibile una soglia di detezione degli eventi molto bassa e localizzazioni di elevata precisione che permettono di associare la micro-sismicità alle strutture sismo-genetiche. Tuttavia questo non è tecnicamente ed economicamente possibile in maniera omogenea su tutto il territorio nazionale. Per tale motivo si fa spesso ricorso all'uso di reti temporanee in esperimenti mirati allo studio di aree a peculiare rischio sismico e vulcanico o, in caso di forti terremoti, per aumentare la densità della rete già presente e migliorare il monitoraggio in *real-time* in modo tale da analizzare con maggior dettaglio l'evoluzione della sequenza.

Unità specializzate nella gestione di reti sismologiche temporanee sono presenti in diverse sedi dell'INGV. Esse lavorano in completa autonomia sul territorio di competenza ma sono in grado di realizzare un buon livello di sinergia là dove esperimenti ed emergenze sismiche richiedano una stretta collaborazione. La struttura più grande, sia come numero di strumenti a disposizione (più di 200 tra digitalizzatori e sensori) che come personale impegnato, è la Rete Sismica Mobile (RSM) del CNT che è organizzata in modo da rendere possibile l'impiego della strumentazione in più esperimenti mantenendo una quota di strumenti riservata per gli interventi di emergenza.

In questo rapporto tecnico presentiamo la struttura organizzativa ed operativa della RSM del CNT, la strumentazione in uso presso di essa e le diverse configurazioni possibili per le stazioni sismometriche temporanee con l'obiettivo di fornire un manuale d'uso ai ricercatori, tecnologi e tecnici che si interfacciano con la RSM, sia durante l'attività scientifica ordinaria (esperimenti di sismica passiva e attiva) che straordinaria (emergenze sismiche).

1. La Rete Sismica Mobile del Centro Nazionale Terremoti

Dal primo intervento in occasione del terremoto di Ancona del 1972, la struttura e la strumentazione a disposizione della RSM dell'allora Istituto Nazionale di Geofisica (ING) hanno subito una considerevole ed continua evoluzione rimanendo al passo con le nuove tecnologie e rispondendo alle esigenze di un istituto in espansione che andava delineando la sua principale vocazione nel monitoraggio e nella sorveglianza sismica del territorio nazionale [Govoni et al., 2008].

Un importante passo è stato fatto agli inizi del 1990 con la realizzazione del laboratorio mobile, allestito su un autocarro, per l'acquisizione dei dati sismici in telemetria digitale (*Figura 1*), che ha rappresentato uno strumento essenziale nel monitoraggio delle sequenze sismiche dal 1990 fino al 2002 durante il terremoto del 31 ottobre a San Giuliano di Puglia in Molise. Il laboratorio mobile, riproduzione ridotta della sala di sorveglianza sismica dell'ING, permetteva il collegamento in telemetria di 10 stazioni remote. I dati acquisiti in *real-time* erano centralizzati direttamente al laboratorio mobile, situato in area epicentrale, all'interno del quale adeguati sistemi di acquisizione e alcuni rulli analogici consentivano la registrazione, la visualizzazione e l'analisi delle tracce sismiche.

Nell'ultimo decennio la struttura ha subito una notevole evoluzione tecnologica, parallela a quella delle altri reti di monitoraggio, arrivando ad essere un sistema estremamente flessibile e nel contempo robusto da utilizzare in qualsiasi scenario di crisi sismica e vulcanica in tutto il territorio nazionale, contribuendo a migliorare significativamente la qualità del monitoraggio sismico in tempo reale là dove la RSN disponeva di una scarsa densità di stazioni.



Figura 1. Centro di acquisizione mobile delle stazioni in telemetria digitale, realizzato nel 1990 e utilizzato per la prima volta durante il terremoto di Potenza del 1990. In foto è mostrato il suo utilizzo durante la sequenza sismica di Colfiorito (1997-98).

Oggi la RSM conta oltre 70 stazioni sismiche digitali sia a registrazione in locale che in telemetria corredate di differenti tipologie di sensori, accelerometri e velocimetri, a diversa banda che consentono l'acquisizione di dati in un ampio spettro di frequenze mentre il laboratorio mobile è stato sostituito con una struttura più veloce e flessibile dotata dei più moderni sistemi di acquisizione e trasmissione dei dati. Tale sistema di monitoraggio, che generalmente si attiva per terremoti di M>5, è il risultato dell'esperienza e dell'evoluzione tecnologica maturate nella realizzazione dell'attività ordinaria delle campagne di acquisizione dati condotte nell'ambito di progetti di ricerca finalizzati allo studio di aree sismiche di particolare interesse scientifico là dove la RSN è insufficiente allo scopo o dove un'acquisizione di alta qualità e dettaglio consente uno studio specifico di faglie e vulcani, della struttura litosferica o della risposta di sito.

Con la nascita dell'INGV (1 gennaio 2001) la RSM è confluita naturalmente all'interno del CNT, essendo questa la sezione deputata al monitoraggio sismico del territorio nazionale, come strumento accessorio della RSN. Tecnicamente la RSM si sviluppa in tre differenti tipologie di rete sismica che sono sostanzialmente autonome ma nel contempo facilmente integrabili a seconda dello scenario che di volta in volta si presenta:

1. una rete digitale locale *stand-alone* ovvero in registrazione locale;
2. una rete digitale in telemetria UMTS attualmente in fase avanzata di sviluppo;
3. una rete digitale in telemetria satellitare [Abruzzese et al., 2008; 2009].

Con la ristrutturazione del CNT (1 settembre 2007) l'onere della RSM è condiviso con il personale della Sede Irpinia la quale gestisce e mantiene la rete digitale in telemetria satellitare di recente realizzazione (punto 3).

La RSM del CNT in più occasioni ha collaborato in perfetta sinergia con le altre unità di RSM presenti nelle altre sedi e sezioni dell'INGV dislocate sul territorio italiano.

1.1 La rete digitale locale *stand-alone*

Con la ristrutturazione del CNT la RSM ha cambiato assetto e collocazione passando, relativamente alle tipologie 1 e 2, all'Unità Funzionale (UF) Laboratorio di Sismologia, costituita da tecnici, tecnologi e ricercatori che si occupano della gestione, della manutenzione e dello sviluppo tecnologico delle diverse reti sismiche a differente scala. Gli esperimenti di sismica, passiva o attiva, e gli interventi in caso di emergenza sismica sono resi possibili grazie al contributo dei tecnici, tecnologi e ricercatori sia del CNT che di altre sezioni dell'INGV. In particolare i ricercatori dell'UF "Sismologia, Sismotettonica e Geodinamica" (SSG) del CNT sono fortemente implicati nelle attività della RSM definendo la finalità scientifica dei progetti di ricerca e partecipando allo stendimento delle reti sismiche temporanee.

Progetti di ricerca ed esperimenti scientifici programmati sono negli anni notevolmente accresciuti tanto che per la RSM è diventata indispensabile una pianificazione dell'uso del parco strumentale a disposizione. Alla fine del 2007 è stata così istituita la Co.Re.Mo. (Commissione della Rete Mobile) che decide circa l'assegnazione della strumentazione della RSM previa attenta valutazione delle richieste a lei pervenute (modulo scaricabile nella *Intranet* dell'INGV `http://intranet.rm.ingv.it/?q=node/104`) con particolare riguardo agli obiettivi generali del progetto di ricerca, alla congruenza e alla consistenza della proposta, al grado di interdisciplinarità ed alla politica di condivisione dei dati acquisiti con la comunità scientifica.

Dal 2004 è inoltre attivo il servizio di reperibilità della RSM per garantire la massima tempestività di intervento in caso di evento sismico di M>5.0 o in occasione di sequenze sismiche (con *mainshock* di M<5) in aree di particolare interesse scientifico. Per assicurare la massima rapidità e facilità d'intervento in area epicentrale, consentendo un fondamentale monitoraggio sismico di alta qualità e dettaglio nelle prime ore successive all'avvenimento del terremoto, parte del parco strumentale è stabilmente dedicata a tale tipo di esigenza. Otto stazioni sismometriche, dotate di velocimetro a corto periodo *Lennartz LE-3Dlite* (`http://www.lennartz-electronic.de`) e di accelerometro *Kinemetrics Episensor* FBA ES-T (`http://www.kinemetrics.com`) con fondo scala a 2g, vengono mantenute sempre in efficienza, in un'area riservata del magazzino RSM, pronte per essere impiegate in qualsiasi momento.

I digitalizzatori in uso presso la RSM sono essenzialmente del tipo REF TEK modello 130-1 (da ora indicati come 130; *Figura 7;* `http://www.reftek.com/`) che dal 2002 hanno progressivamente sostituito il modello 72A, ed un numero ridotto di *Nanometrics* modello *Taurus* (*Figura 8;* `http://www.nanometrics.ca`). I sensori, sia velocimetri che accelerometri, spaziano dal corto periodo al larga banda. In *Figura 2,* alcuni esempi di stazioni temporanee installate in diversi esperimenti di sismica passiva e attiva.

In genere le stazioni sono alimentate con impianti composti da pannelli fotovoltaici e batterie tampone che consentono una lunga autonomia di funzionamento. Quando possibile, la stazione può essere alimentata a corrente di rete mantenendo sempre la batteria in tampone.

L'acquisizione avviene in locale registrando i dati in continuo su *memory cards* di tipo *CompactFlash* (CF) ad alta capacità (da 1 a 4 GB) che vengono periodicamente sostituite e scaricate in un archivio centrale per l'analisi.

La rapidità e la semplicità di installazione della strumentazione a disposizione e, soprattutto, l'assenza del vincolo dalla intervisibilità tra i siti, imprescindibile in una rete telemetrata, rende questo tipo di rete insostituibile per la possibilità di realizzare geometrie di acquisizione arbitrarie la cui finalità è prevalentemente scientifica.



Figura 2. Alcuni esempi di stazioni temporanee installate in alcuni esperimenti sismici: a Stromboli nel 2006 [Marsella E. et al., 2007], in Sicilia nel 2007-2010 [Moretti et al., sottomesso a Quaderni di Geofisica] e a Tenerife, Canarie nel 2009 [Moretti e Govoni, 2010].

1.2 La rete digitale in telemetria UMTS

Per migliorare l'utilità delle installazioni della rete mobile *stand-alone* anche ai fini del monitoraggio in tempo reale è in avanzata fase di sperimentazione un sistema di trasmissione dati basato sulla rete UMTS che ha recentemente avuto un notevole sviluppo e dispone di una copertura del territorio nazionale abbastanza soddisfacente. Questo approccio permette una estrema rapidità di installazione e messa in rete della stazione sismica poiché l'infrastruttura di comunicazione è già presente sul territorio, tuttavia è molto dipendente dalla disponibilità del segnale e dall'affidabilità dello stesso durante una sequenza sismica rilevante.

Da una analisi condotta su diversi scenari di installazione tipici della rete mobile *stand-alone* si stima che in media le stazioni coperte dal segnale UMTS possano essere tra il 30% ed il 50% di quelle installate. Questa percentuale è relativamente bassa in Italia a causa del fatto che gli operatori di telefonia mobile si basano di norma sulla densità di popolazione nella pianificazione della copertura dei servizi. Data la semplicità e l'economicità della soluzione anche una percentuale relativamente bassa di stazioni attive può portare un contributo notevole alla copertura della zona epicentrale migliorando la capacità di detezione della RSN e la qualità delle localizzazioni in tempo reale.

Le stazioni in telemetria UMTS dispongono di acquisitori 130, dotati di supporto per la telemetria sia tramite scheda *ethernet* sia tramite PPP seriale (vedi *Figura 7*) e sono corredate di *software* di acquisizione dati (REF TEK *Data Protocol Daemon*, RTPD) compilato per diversi sistemi operativi (SUN, Linux, *Windows*). In questa applicazione è stato preferito l'utilizzo dell'*ethernet* per la disponibilità sul mercato di *router* UMTS a basso consumo (attorno ai 2W in condizioni normali). I dispositivi selezionati sono i *router* UR5 della *Conel* (`http://www.conel.cz/`) già in uso per la rete GPS [Falco, 2008] basati su un *single-board computer* dotato di sistema operativo UNIX. Questi sistemi supportano una doppia SIM con selezione automatica dell'operatore col miglior segnale, molte tipologie di VPN e *tunnelling*, il *Dynamic* DNS e sistemi di configurazione (sia tramite *upload* di file di configurazione sia tramite interfaccia WEB) ed aggiornamento del *firmware* remoti.

Il segnale UMTS ha una banda sufficiente a trasmettere tutti e sei i canali delle stazioni temporanee nella configurazione *standard*, cosa che permette di acquisire in tempo reale anche i dati accelerometrici, molto utili per la realizzazione delle *shake maps.* Se il segnale UMTS è particolarmente degradato o assente, il *router* seleziona automaticamente la modalità GPRS che ha però una banda molto più ridotta e non consente di trasmettere più di tre canali.

Per l'acquisizione dei dati è stato configurato un *server Linux* sperimentale in rete pubblica su cui sono stati installati un *server* RTPD che acquisisce direttamente i dati delle stazioni REF TEK, il pacchetto RTCC per il comando e il controllo delle stazioni e un *server seedlink* che, tramite un apposito *plugin,* preleva i dati dall'RTPD e li rende disponibili per la distribuzione al sistema di acquisizione dati della RSN (*Figura 3*).

Negli ultimi mesi questa soluzione è stata sperimentata con successo in diversi interventi della RSM: nei Monti Reatini (giugno 2009), nella zona di Cassino al confine Lazio-Abruzzo (ottobre 2009) e nella zona di Fermo nelle Marche (gennaio 2010) confermando la validità della configurazione adottata che si avvia a diventare una soluzione *standard* per la RSM. I dettagli sull'implementazione sia *hardware* che *software* del sistema saranno oggetto di un apposito rapporto tecnico.

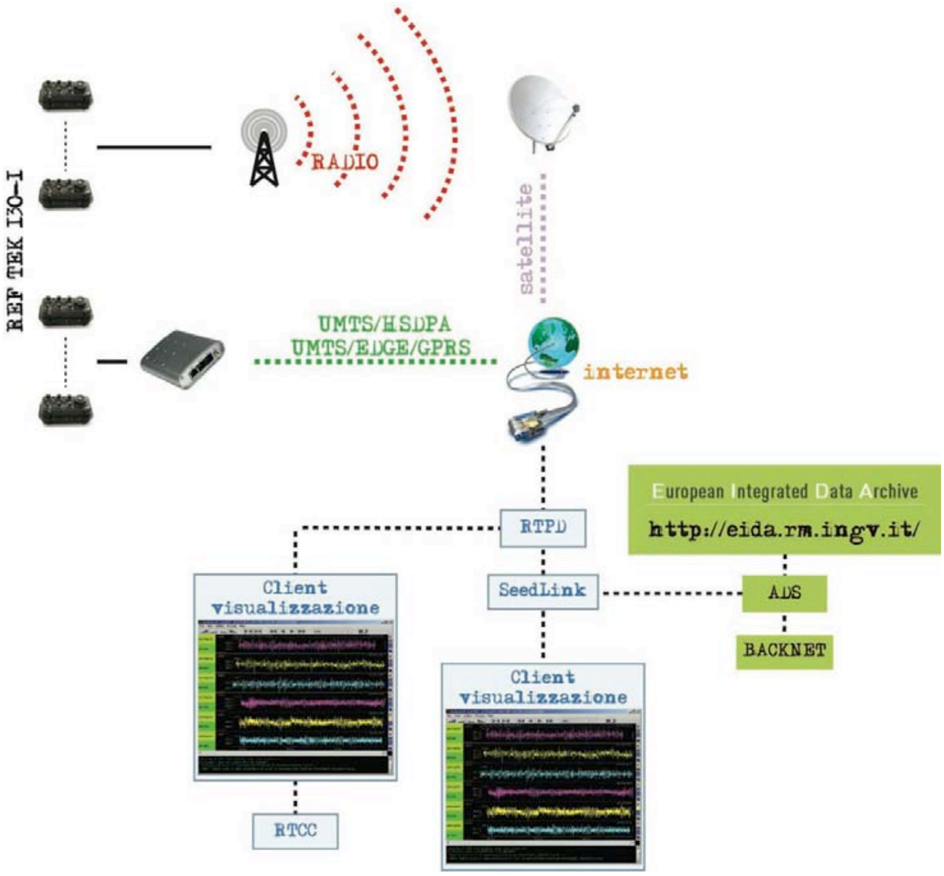


Figura 3. Schema di acquisizione dati della rete in telemetria UMTS.

1.3 La rete digitale in telemetria satellitare

Tra il 1989 e il 1990 fu realizzato il laboratorio mobile per l'acquisizione dei dati sismici in telemetria *(Figure 1* e *4)* che si è contraddistinto in diverse rilevanti sequenze sismiche avvenute in Italia fino al 2002:

1. 1989-1990: Sequenza sismica a Colli Albani;
2. Maggio 1990: Potenza | Ml=5.4;
3. Dicembre 1990: Carlentini - Sicilia Orientale | Ml=5.4;
4. Ottobre 1995: Lunigiana | Ml=4.8;
5. Ottobre 1996: Reggio Emilia | Ml=5.1;
6. Maggio 1997: Massa Martana | Ml=4.8;
7. Settembre-novembre 1997: Umbria-Marche | Mw=6.0 | Ml=5.8;
8. Ottobre 2002: Molise |Mw=5.7 | Ml=5.4.

La disponibilità di nuove tecnologie di trasmissione e di nuovi sistemi d'acquisizione dati utilizzati nel monitoraggio sismico ha portato, negli ultimi 2 anni, alla progettazione e alla realizzazione della nuova rete sismometrica temporanea telemetrata con tecnologia satellitare, inaugurata a maggio 2008 in occasione dell'esercitazione di Protezione Civile organizzata dalla Regione Marche "Operazione *Blue Mountains* 2008" [Moretti et al., Rapporto tecnico in preparazione].

Caratterizzata da una maggiore flessibilità e una relativa semplicità d'installazione, la nuova rete rappresenta un ottimo strumento che permette di dare risposte sempre più rapide e puntuali in caso di emergenza sismica sull'individuazione e caratterizzazione delle strutture sismogenetiche e sull'evoluzione temporale delle sequenze, rafforzando così la capacità d'intervento dell'INGV.

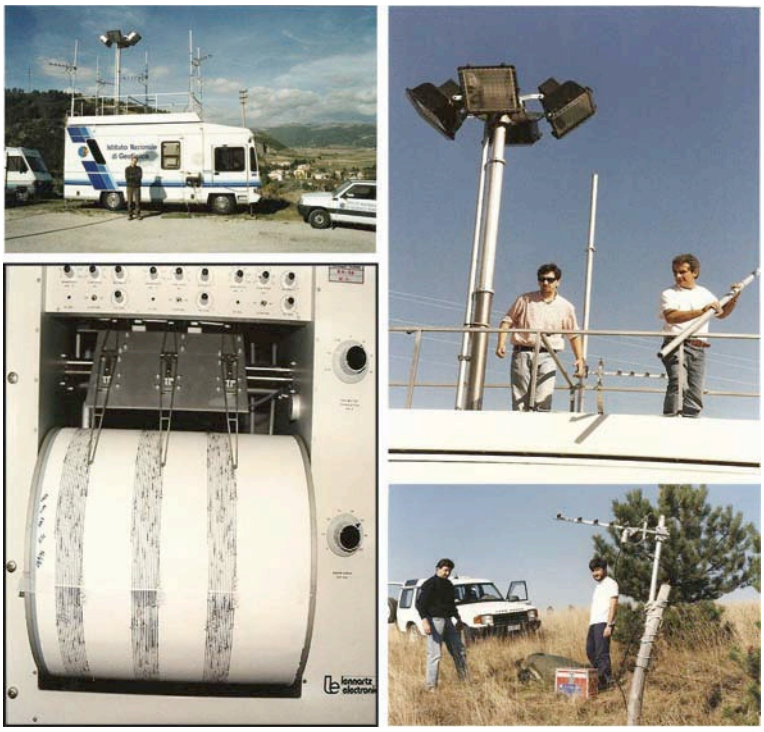


Figura 4. Alcuni momenti durante l'emergenza sismica seguita al terremoto Umbria Marche del 26 settembre 1997. In basso a sinistra uno dei registratori su carta funzionanti all'interno del laboratorio mobile con il quale veniva analizzata la sequenza sismica in area epicentrale.

La nuova rete sismica telemetrata si compone di 9 stazioni, velocimetriche o accelerometriche, che trasmettono i segnali sismici al centro di raccolta ed elaborazione dati presso la sala sorveglianza sismica della sede di Roma dell'INGV e al centro di *disaster recovery* predisposto presso la Sede Irpinia, a Grottaminarda, Avellino. La trasmissione dei dati avviene in *real-time* tramite un sistema satellitare [Abruzzese et al., 2008; 2009] rendendo possibile l'integrazione delle forme d'onda, acquisite in locale, nel sistema di sorveglianza sismica nazionale dell'INGV, migliorando il raffinamento delle localizzazioni e di tutte le elaborazioni successive. In *Figura 5* lo schema di funzionamento della rete sismica in telemetria satellitare.

Le stazioni sismometriche sono basate sui digitalizzatori *Taurus* della *Nanometrics* (*Figure 6* e *8*; `http://www.nanometrics.ca`) equipaggiati di velocimetri a corto periodo *Lennartz LE-3Dlite* (*Figure 6* e *9*; `http://www.lennartz-electronic.de`) o di accelerometri *Kinemetrics Episensor FBA ES-T* (*Figure 6* e *14*; `http://www.kinemetrics.com`) con fondo scala a 2g che consentono di registrare eventi di elevata magnitudo in zona epicentrale senza l'inconveniente della saturazione del segnale [Abruzzese et al., 2008; 2009]. Ogni stazione è telemetrata attraverso un radio modem UHF (*Ultra High Frequency*) presso uno dei tre centri d'acquisizione intermedi (chiamati sottonodi). A ogni sottonodo è collegato fino a un massimo di 3 stazioni per evitare interferenze radio (*Figura 5*). Questa tipologia consente una maggiore flessibilità d'impiego in aree con scarsa visibilità (come montagne, foreste, ecc.). Infine ciascun sottonodo è collegato, tramite *radiomodem spread-spectrum*, al centro stella dove è installato il sistema di trasmissione dati satellitare (*Libra VSAT Nanometrics*). I dati sono acquisiti presso il centro d'acquisizione di Roma (sala sorveglianza sismica) e ridondati presso la Sede Irpinia (*disaster recovery*). Per consentire un'ulteriore flessibilità d'impiego, il sistema satellitare può utilizzare due diversi satelliti, *Intelsat* IS 901 a 342° E e *HellaSat* a 39° E, minimizzando difficoltà di trasmissione dovute a possibili ostacoli, come alberi, montagne o edifici, nella direzione del satellite.

Le stazioni sono dotate di un sistema d'alimentazione a pannelli solari che permette l'operatività della strumentazione e dei centri di trasmissione in modo del tutto autonomo rispetto alle infrastrutture preesistenti sul territorio.

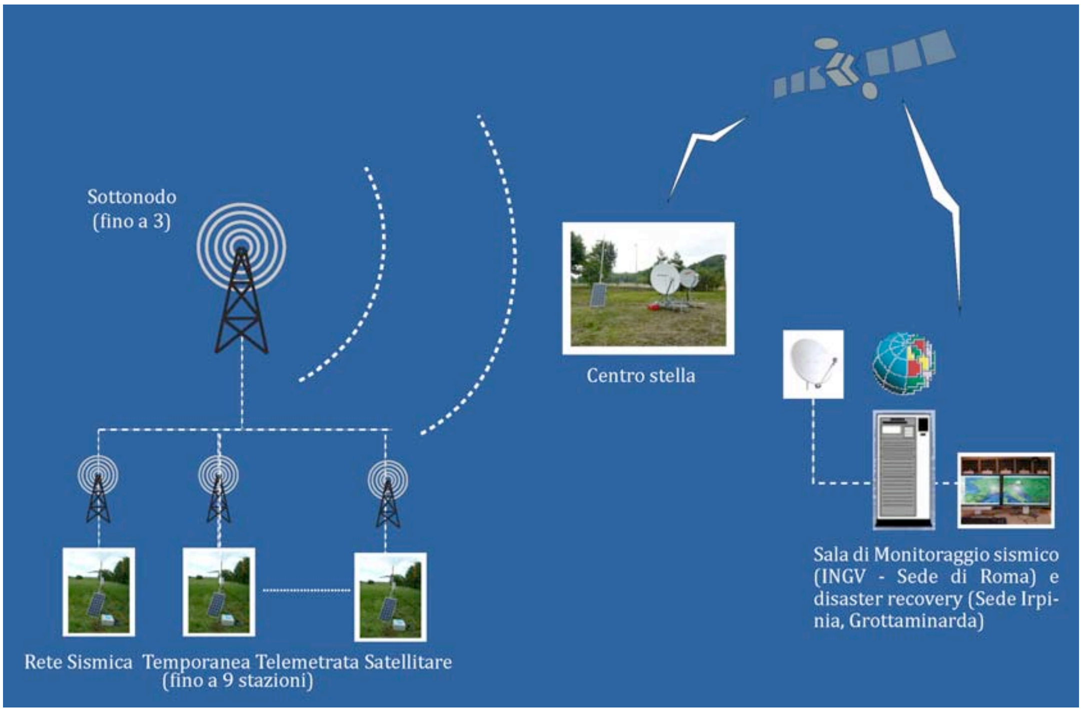


Figura 5. Schema di funzionamento della rete sismica telemetrata.

L'esercitazione "Operazione *Blue Mountains* 2008" nel maggio 2008 (*Figura 6*) è stata un'ottima occasione per verificare la funzionalità e ottimizzare la struttura. Il primo reale impiego della rete è avvenuto durante l'emergenza sismica in area aquilana a seguito del terremoto che il 6 aprile 2009 ha duramente colpito il capoluogo abruzzese [Abruzzese et al., 2009].



Figura 6. Alcuni momenti durante l'esercitazione "Operazione *Blue Mountains* 2008" organizzata dalla Protezione Civile della Regione Marche sul rischio sismico il 23-25 maggio 2008 (Moretti et al., Rapporto tecnico in preparazione).

2. La strumentazione

La strumentazione impiegata dalla RSM del CNT è costituita di acquisitori sismici ad alta dinamica equipaggiati con uno o due sensori a tre componenti.

Ogni stazione è ottimizzata per restare lunghi periodi di tempo in campagna alloggiando tutti i componenti (acquisitore, regolatore solare e batteria) all'interno di una cassetta di plastica, utilissima per il trasporto, che viene protetta dalle intemperie e dal sole diretto tramite un telone impermeabile. La stazione tipo è dotata di un impianto di alimentazione a pannelli solari costituito da un pannello da 50 W, una batteria AGM (*Absorbed Glass Mat*) da 42 Ah e un regolatore ad alta efficienza con tecnologia *switching* dotato di funzione LVD (*Low Voltage Disconnect* ovvero distacco del carico sotto una determinata soglia di tensione). Questo impianto, in siti scarsamente soleggiati o in situazioni di alta montagna con rischio di neve, può essere rinforzato utilizzando pannelli fino a 70 W e batterie fino a 80 Ah. I digitalizzatori sono dotati di *memory card* facilmente intercambiabili che consentono di registrare dati per un periodo temporale che va da un minimo di 20-25 giorni in continuo, a seconda della rumorosità del sito, fino ad oltre 6 mesi.

2.1 I digitalizzatori

In occasione del terremoto del Molise del 2002, furono installati, insieme alla REF TEK modello 72A, strumentazione allora in uso presso la RSM del CNT, due unità REF TEK modello 130-1 (*Figura 7*) acquisitore sismico a larga banda compatto, leggero ed impermeabile che, grazie alla sua semplicità di impiego e alle sue notevoli caratteristiche, fu in poco tempo scelto come principale digitalizzatore per le stazioni sismometriche *stand-alone*.

Oggi la RSM del CNT possiede oltre 60 digitalizzatori 130 a 3 o a 6 canali e dispone anche di 6 *Taurus Nanometrics* (*Figura 8*) a 3 canali.

2.1.1 Famiglia REF TEK: modello 130

L'acquisitore sismico a larga banda 130 (*Figura 6*) si distingue rispetto ai registratori delle precedenti generazioni per la notevole praticità d'uso e i bassissimi consumi.

Compatto (135 x 185 x 343 mm), leggero (2 kg) e impermeabile, ha un accesso diretto a tutte le sue funzioni sulla parte superiore dell'unità e ha un consumo energetico di 1 W in configurazione *standard*. Dispone di due schede di acquisizione a 24 *bit* che permettono di acquisire fino a 6 canali (1 in *Figura 6*) e offre la possibilità di trasmettere il dato via rete *Ethernet* e/o utilizzando l'interfaccia seriale (2 in *Figura 6*). Sulla parte superiore, un comparto con coperchio facilmente smontabile ospita una batteria di *backup* e 2 *slot* per *memory card* per l'archiviazione dei dati (4 in *Figura 6*). Ogni *slot* può ospitare una *memory card* (CompactFlash type II o MicroDrive; da ora indicate come CF) fino a 4 GB per un totale di 8 GB di memoria. Un *display* LCD permette un controllo veloce dello *status* della stazione senza bisogno di un terminale (*palmtop* o PC) collegato (6 in *Figura 6*). Il ricevitore GPS ha un'interfaccia seriale e può essere facilmente installato anche a distanze dell'ordine di 100 m dalla stazione (5 in *Figura 6*).



Figura 7. Il digitalizzatore 130: 1. connettori per il collegamento di due sensori; 2. connettore per il collegamento *ethernet* e seriale PPP; 3. connettore di alimentazione; 4. alloggiamento per le CF e la batteria di *backup;* 5. connettore per l'antenna GPS; 6. *display* LCD per il controllo dello *stato di funzionamento*; 7. connettore per il collegamento del PC o del palmare per il controllo e il *setup* della stazione; 8. valvola pneumatica per riequilibrare la pressione interna dello strumento con quella esterna.

La REF TEK ha sviluppato 2 programmi per il *Command/Control* ovvero per la configurazione dei parametri di acquisizione e per la verifica del funzionamento della stazione: PFC_130 (*Palm Field Controller*), un programma per palmari basati su sistema operativo *Palm OS* (vedi Allegato A) e RTCC per editare e programmare i parametri di acquisizione via rete *ethernet* usando un comune *browser* WEB.

Una problematica emersa recentemente riguarda proprio le CF. Per venire incontro alle necessità dei produttori di fotocamere professionali, nel corso del 2005 sono state introdotte delle nuove specifiche tecniche (CF 3.0) che, tra l'altro, supportano una velocità di trasferimento di 66 MB/s. Il lettore/scrittore di CF della REF TEK è stato progettato nel 2000 e non è compatibile con queste ultime modifiche. Nell'acquisto di CF per le REF TEK è bene evitare quelle di prestazioni molto spinte e scegliere quelle con accelerazione massima 133x (o comunque compatibili con lo standard CF+, revisione 2.0).

2.1.2 Famiglia *Nanometrics*: modello *Taurus*

Con un *design* compatto (147x60x264mm), leggero (1.8 kg) e completo, il digitalizzatore *Taurus* della *Nanometrics* (*Figura 7*) è un piccolo computer a *Linux* che realizza tutte le funzioni di digitalizzazione a 24 *bit*, acquisizione, archiviazione e trasmissione dei dati.

La configurazione di base del *Taurus* è a 3 canali, ma può essere estesa a 6 o 9 canali con l'aggiunta di un digitalizzatore esterno ed un consumo inferiore ai 680 mW in modalità *stand-alone*. Il *Taurus* incorpora un convertitore AD ad alta risoluzione a 24 *bit*, un *clock* di precisione basato su GPS. L'acquisizione può essere eseguita su CF o su dischi ATA da 1.8". Una CF da 2 GB permette di memorizzare un mese di registrazione dati. Un unico disco ATA da 40 GB ha una capacità sufficiente per memorizzare 600 giorni in continuo a 3 canali, 100sps.

Un vantaggio del *Taurus*, rispetto al 130, è la presenza di un *display* a colori retroilluminato e una tastiera a 5 pulsanti che forniscono accesso diretto alla configurazione dello strumento, ai dati in tempo reale ed ai dati memorizzati (*Figura 8*, in alto).



Figura 8. Il digitalizzatore *Taurus* della *Nanometrics.* Da sinistra a destra: connettore per sensori ausiliari *(SOH);* connettore per il collegamento *ethernet*; connettore per collegamento USB/Seriale; connettore di alimentazione (*power*); connettore per l'antenna GPS; connettore per il collegamento del sensore.

2.2 I sensori: velocimetri e accelerometri

La scelta del sismometro da usare a completamento di una stazione sismometrica dipende molto dal tipo di segnale che si vuole registrare e dal tipo di studio che si intende effettuare sul segnale acquisito. Le onde generate da un terremoto si attenuano viaggiando attraverso la Terra e a grandi distanze il contenuto a più alta frequenza risulta attenuato.

I sensori in uso in sismologia sono principalmente di due tipi: velocimetri e accelerometri.

I velocimetri sono gli strumenti più versatili e sensibili. A seconda della banda di frequenza distinguiamo i sensori a corto periodo con una frequenza propria di 1-2 Hz, i sensori a larga banda o *broad-band* (solo di tipo velocimetrico) con un *range* di frequenze tipicamente tra ~0.01-100 Hz e i sensori a larghissima banda (VBB, *very-broad-band*). I primi hanno una curva di risposta limitata e sono sufficientemente sensibili per la registrazione di eventi locali (caratterizzati da un maggior contenuto ad alta frequenza) e regionali. I secondi hanno una curva di risposta molto più larga sono più adatti alla registrazione di eventi regionali e telesismi. Sono però molto più sensibili ai disturbi a bassa e bassissima frequenza, alle variazioni di temperatura e pressione e la loro installazione risulta molto più critica, richiedendo un sito adatto, al fine di attenuare gli effetti perturbativi. Pertanto, l'analisi di segnali generati da un terremoto locale risulta molto più semplice sui sensori a corto periodo che sui *broad-band*, i quali, caratterizzati da una risposta in frequenza molto più ampia, producono di conseguenza segnali più complessi.

La RSM del CNT ha a disposizione sensori velocimetrici che vanno dal corto periodo (*Lennartz* 3D 1s) a larga banda (*Trillium120s*).

L'accelerometro FBA (*Force Balance Accelerometer*) è basato sul principio del bilanciamento di forze. L'FBA ha una bobina di retro-azione (*feedback*) che può esercitare una forza proporzionale e opposta alla forza dovuta all'accelerazione che si vuole registrare.

Sono in genere strumenti meno sensibili dei velocimetri ma con una dinamica più adatta a segnali di tipo *strong-motion*. Sono tipicamente utilizzati insieme ai velocimetri durante il monitoraggio di sequenze sismiche in zona epicentrale per il livello di saturazione più elevato. Gli accelerometri in dotazione alla Rete Mobile sono i *Kinemetrics Episensor* FBA ES-T con fondo scala di 1G o 2G.

2.2.1 Famiglia *Lennartz*: modello *LE-3Dlite* e LE 3D/5s

I sensori della famiglia *Lennartz* (`http://www.lennartz-electronic.de`) sono tra i sensori più pratici da usare e, in assoluto, i più robusti. Sono velocimetri a corto (*LE-3Dlite* a 1s, *Figura 9*) e medio periodo (LE-3D/5s, *Figura 9,* e LE-3D/20s) basati su robuste meccaniche Mark e sono dotati di un particolare amplificatore che deconvolve il segnale alla banda passante desiderata.

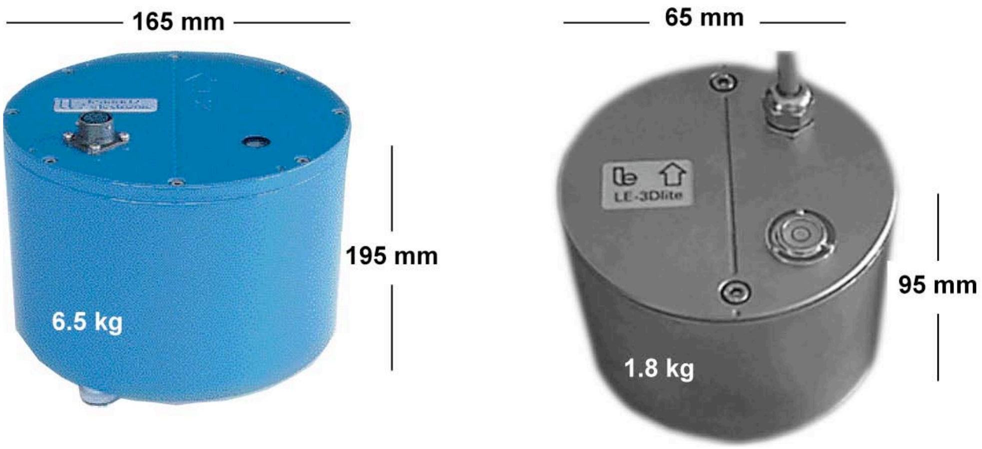


Figura 9. I due modelli della famiglia *Lennartz* in uso presso la RSM del CNT di Roma: a sinistra il LE-3D/5s; a destra il *LE-3Dlite* da 1s.

Compatti e leggeri, sono molto pratici da installare. La presenza dell'amplificatore consente di posizionarli anche a grande distanza dall'acquisitore (con una lunghezza dei cavi dell'ordine di 100 m) senza alcuna perdita percepibile della qualità del segnale e con una maggiore protezione ai disturbi esterni. Per il trasporto, i LE-3D a 5s e 20s hanno un'apposita scatola provvista di una imbottitura preformata che li mantiene in una posizione inclinata di 45° garantendo il blocco delle masse mentre il *LE-3Dlite* può essere trasportato in qualsiasi posizione senza bisogno di essere bloccato meccanicamente.

La presenza dell'equalizzatore, del filtro e del circuito di amplificazione all'interno di tutti i modelli *Lennartz* contribuisce ad aumentare il rumore elettronico (*self-noise)*. La *Figura 10* mostra il *self-noise* di ciascun strumento determinato dal Prof. *Erhard Wielandt* (Università di Stoccarda) rispetto al modello NLNM (*New Low Noise Model*) dell'USGS [citazione *Peterson*, USGS *Open File Report]*.

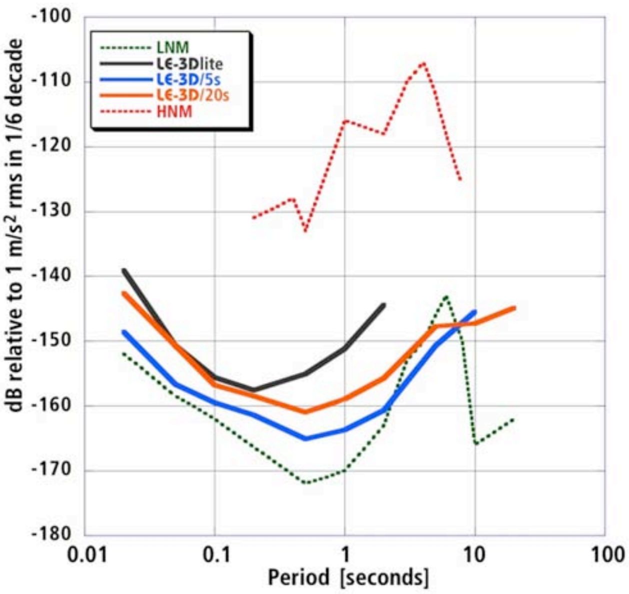


Figura 10. Il *Self-noise* dei sismometri *Lennartz* (come determinato dal Prof. E. *Wielandt*) rispetto ai modelli di *High* e Low *Noise* dell'USGS (vedi manuali e specifiche in `http://www.lennartz-electronic.de`).

Tutti e tre i modelli hanno un *self-noise* superiore al livello di rumore minimo stimato dal modello di Peterson [USGS *Open File Report*]. Questi sensori *Lennartz* sono ottimi per la rilevazione della microsismicità la cui banda di frequenza oscilla tra 0,1 e 5 Hz.

La RSM del CNT dispone di LE-3D/5s e di *LE-3Dlite* (*Figura 9*) utilizzati soprattutto nelle reti temporanee allestite in aree epicentrali per il monitoraggio di sequenze sismiche.

In *Tabella 1* le caratteristiche dei due sensori *Lennartz* a confronto.

SPECIFICHE TECNICHE	LE-3D/5S	*LE-3DLITE*
Caratteristiche fisiche		
Diametro	195 mm	95 mm
Altezza	165 mm	65 mm
Alimentazione		
Tensione di alimentazione (DC=*Direct Current*)	10 - 16 V	10 - 16 V
Performance		
Temperatura operativa	-15 a +60 °C	-15 a +60 °C
Eigenfrequency	0.2 Hz	1 Hz
Upper corner frequency	>40 Hz	>80 Hz
RMS del rumore a1Hz	<1 nm/s	<3 nm/s
***Dynamic range* (tipico)**	140 dB	136 dB
Poli	3 poli: -0.888 / +0.888j -0.888 / –0.888j -0.220 / 0.000j	3 poli: -4.444 / +4.444j -4.444 / -4.444j -1.083 / 0.000j
Zeri	Triplo zero all'origine	Triplo zero all'origine
Fattore di normalizzazione	-	-
Frequenza di normalizzazione	-	-

Tabella 1. Specifiche tecniche dei 2 sensori della casa *Lennartz* in uso presso la RSM del CNT.

2.2.2 Famiglia *Nanometrics*: modello *Trillium* 40s e Trillium *Compact* 120s

I *Trillium* della *Nanometrics* (`http://www.nanometrics.ca`) sono dei sismometri *broad-band* (BB) molto robusti progettati per applicazioni di monitoraggio della sismicità locale e regionale ma utilizzabili anche in installazioni temporanee malgrado le dimensioni ed il peso non indifferenti.

I modelli disponibili sono tre con una diversa *corner frequency:* 40, 120 e 240 secondi (*Figura 11* e *12*).

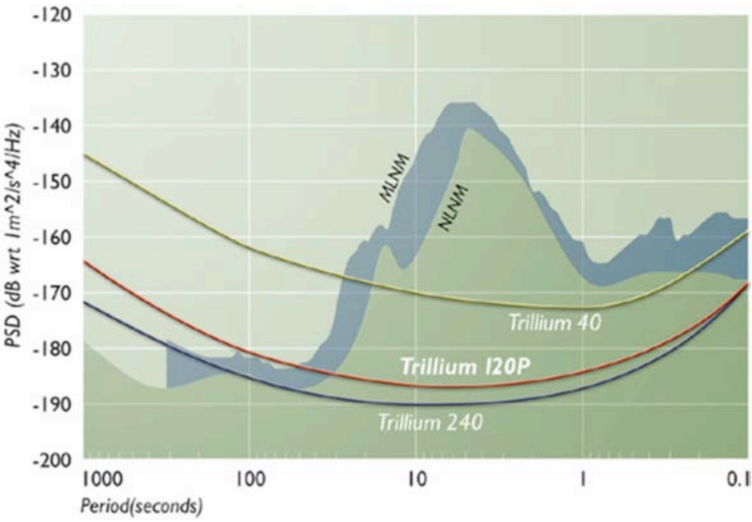


Figura 11. Il grafico mostra il *self-noise* strumentale per i sismometri *Trillium* (per maggiori informazioni: `http://www.nanometrics.ca`).

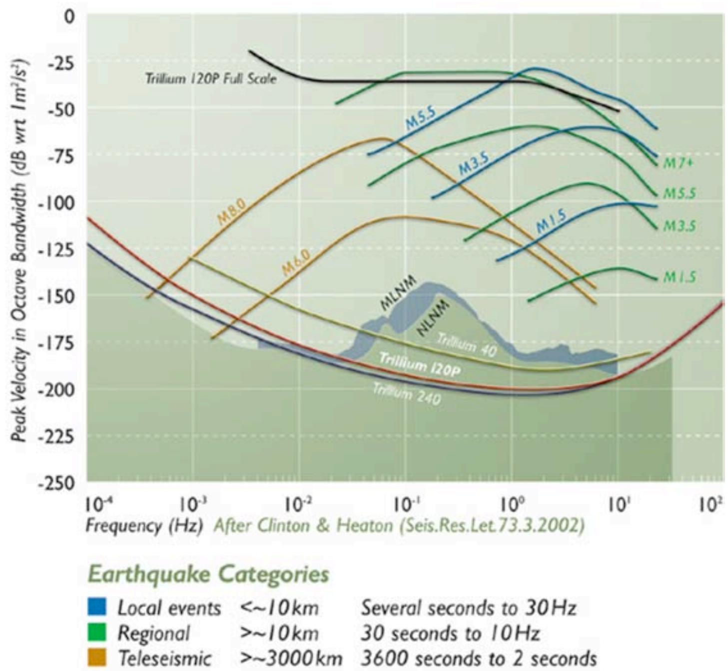


Figura 12. Il grafico mostra le prestazioni dei diversi *Trillium* ed i livelli di saturazione per eventi locali, regionali e telesismici (per maggiori informazioni: `http://www.nanometrics.ca`).

La RSM del CNT utilizza principalmente il 40s (*Figura 13a*) e, più recentemente, il *Compact* 120s (*Figura 13b*) di nuova produzione.

In particolare il nuovo *Compact* combina le prestazioni di un sismometro BB con la praticità di installazione tipica dei sismometri a corto periodo. Le sue dimensioni ridotte (128 mm di altezza con un diametro di soli 90 mm per 1.2 kg rispetto agli 11 kg del 40s per 22 cm di diametro e 18 cm di altezza) lo rendono facilmente trasportabile e quindi molto pratico in acquisizioni temporanee. Ha un livello di saturazione e una sensibilità maggiore a quella dei *Lennartz*. Non possiede il blocco delle masse per il trasporto e non è richiesta la centratura della massa una volta installato. È dotato di un *case* che si trasforma

da un'ottima protezione *anti-shock* nel trasporto a un perfetto isolante termico nell'installazione garantendo un ambiente operativo stabile e un'alta qualità dei dati (*Figura 13c*).

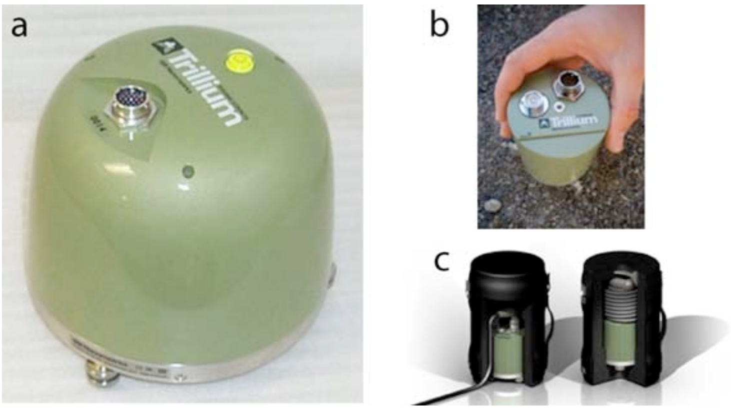


Figura 13. I due modelli della famiglia *Nanometrics* in uso presso la RSM del CNT di Roma: a. *Trillium* 40s; b. *Trillium Compact* 120s. c. il *Trillium Compact* 120s fornito del *case* di protezione utile sia per il trasporto che per l'isolamento termico in installazione.

La risposta a lungo periodo del *Trillium* lo rende particolarmente adatto nella maggior parte delle applicazioni telesismiche, compresi gli studi di *Receiver-Function Analysis*, *splitting analysis* e tomografia.

In *Tabella 2* vengono messe a confronto alcune specifiche tecniche dei due sensori della casa *Nanometrics* in uso presso la RSM del CNT.

SPECIFICHE TECNICHE	*TRILLIUM* 40S	*TRILLIUM120S COMPACT*
Caratteristiche fisiche		
Diametro	220 mm	90 mm
Altezza	205 ±5mm in funzione dell'estensione dei piedini205 mm	128 mm
Peso (sensore incluso 1.5 m di cavo e connettore)	11 kg	1.2 kg
Alimentazione		
Tensione di alimentazione (DC=*Direct Current*)	9-36 VDC	9-36 VDC
Consumi	0.6 W	0.16 W
Sensibilità	1500 V/m/s	750 V/m/s
Prestazioni		
Temperatura operativa	-20 a +50 °C	-40 a +60 °C
Eigenfrequency	0.025 Hz	0.0083 Hz
Upper corner frequency	85.5 Hz	108 Hz
RMS del rumore a1Hz	-	-
***Dynamic range* (tipico)**	-	-
Poli	4 poli: –0.1103 ±0.1110i –86.3 –241 ±178i –535 ±719i	4 poli: –0.03691 ±0.03712i –371.2 –373.9 ±475.5i 588.4 ±1508i
Zeri	0 0 –68.8 –323 –2530	0 0 -434.1
Fattore di normalizzazione	1.104×10^5 (rad/s)^2	8.184×10^{11} (rad/s)^4
Frequenza di normalizzazione	1 Hz	1 Hz

Tabella 2. Specifiche tecniche dei 2 sensori della casa *Nanometrics* in uso presso la RSM del CNT.

Da novembre 2009 la RSM del CNT collabora con l'Instituto *Andaluz de Geofísica Universidad* in un esperimento di sismica passiva al vulcano Teide (Canarie, Spagna) con sei stazioni composte da acquisitore 130, e, per la prima volta, da sensori *Trillum Compact* 120 s [Moretti e Govoni, 2010].

2.2.3 *Kinematrics EpiSensor* FBA ES-T

Il sensore *Kinemetrics* modello *EpiSensor* FBA ES-T (*Figura 14*) è un accelerometro utile per molti tipi di applicazioni di campagna. Grazie all'ampia varietà di *ranges* di registrazione, da ± 0,25 a ± 4g selezionabile dall'utente, *l'EpiSensor* permette la registrazione di un forte terremoto anche in piena area epicentrale. Per gli impieghi della RSM è stato selezionato il modello con 2g di fondo scala e 20Vpp che meglio si adatta alla dinamica del segnale in zona epicentrale ed alle caratteristiche di ingresso del 130.

In *Tabella 3* alcune specifiche tecniche dell'*EpiSensor* FBA ES-T.

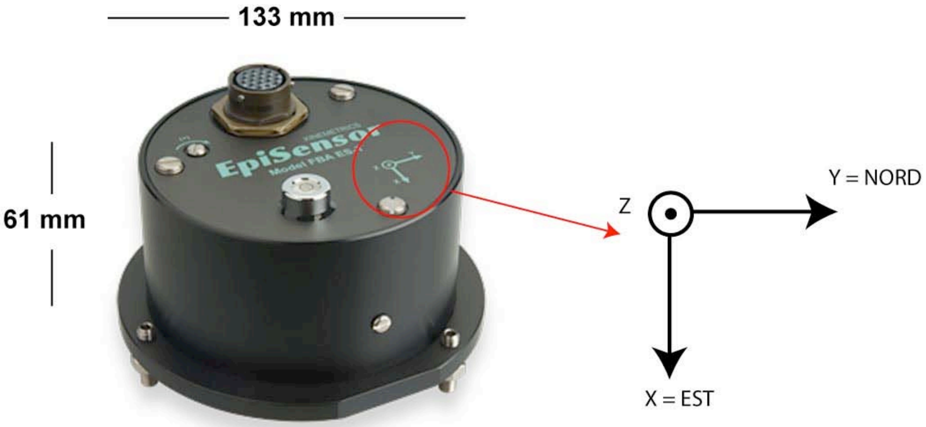


Figura 14. Il sensore accelerometro *EpiSensor* FBA ES-T della famiglia *Kinemetrics*.

SPECIFICHE TECNICHE	*EPISENSOR* FBA ES-T
Caratteristiche fisiche	
Diametro	133 mm
Altezza	61 mm
Alimentazione	
Consumi	12 mA from +/- 12V (*Standard* Amp), 35 mA from +/- 12 V (*Low Noise Amp*), *Single supply option available*
Prestazioni	
Dynamic range	155 dB
Ampiezza della banda	DC a 200 Hz
Fondo scala	± 2g
Sensibilità	5 V/g
Temperatura operativa	-20º - 70ºC

Tabella 3. Specifiche tecniche dell'accelerometro *EpiSensor* FBA ES-T in dotazione alla RSM.

3. Prove di rumore

La selezione del sito costituisce uno stadio fondamentale nell'installazione di una stazione temporanea ma ancor di più nel caso di una permanente (vedi *Paragrafo 4.2*).

In particolare tale valutazione non può prescindere dalla stima della risposta sismica locale ovvero del modo in cui la struttura geologica superficiale influisce sulla propagazione e sull'ampiezza delle onde sismiche. Effetti locali d'amplificazione dell'ampiezza e d'incremento della durata del moto sismico (i cosiddetti effetti di sito) possono infatti giocare un ruolo cruciale sulla qualità del dato acquisito specie nelle

aree caratterizzate da coperture di terreni superficiali poggianti su un substrato roccioso.

La RSM ha riservato quattro stazioni sismiche temporanee a uso esclusivo delle prove di rumore. La strumentazione è costituita da un acquisitore 130 (*Figura 15d*) equipaggiato con velocimetri a corto periodo *LE-3Dlite* o LE-3D/5s (*Figura 15e*), un GPS (*Figura 15f*), una batteria da 18Ah che assicura 5 giorni di autonomia, il tutto assemblato in una cassa (50x40x40 cm) facilmente trasportabile (*Figura 15a*). La cassa è stata fornita di interruttore *ON/OFF* per un uso semplice e immediato (*Figura 15b*).

La stazione è stata equipaggiata con un regolatore di carica con ingresso compatibile con i pannelli solari in uso corrente (*Figura 15c*). Può essere quindi impiegata anche per applicazioni di monitoraggio ordinario.



Figura 15. Assemblaggio delle stazioni per le prove di rumore. Tutta la strumentazione è alloggiata e opportunamente fissata all'interno di una cassa utile anche per il trasporto (a). La scatola ospita un interruttore di accensione stagno (b), l'antenna GPS (f) e un regolatore solare (c) che permette l'utilizzo con pannello solare o alimentatore esterno.

4. Linee guida per l'installazione

La realizzazione di una buona rete sismica temporanea è il risultato di un'attenta progettazione seguita da una campagna per la ricognizione dei possibili siti con relative analisi del rumore. Non sempre però tale *iter* può essere seguito come ad esempio in caso di emergenza sismica. Ci sono comunque delle piccole accortezze che consentono di effettuare delle scelte oculate garantendo delle buone installazioni, risultato di un compromesso tra un buon sito nell'ottica della geometria della rete senza trascurare la messa in sicurezza della strumentazione.

4.1 Scelta del sito

Una rete temporanea può essere utilizzata per studiare aree prive di monitoraggio sismico, dove ad esempio difficoltà logistiche o geopolitiche (specialmente in alcuni paesi del centro America) condizionano l'utilizzo di metodologie geofisiche innovative per lo studio del territorio, o per migliorare la detezione dei terremoti in aree già oggetto di monitoraggio sismico (ad esempio, in caso di forte terremoto, per seguire dettagliatamente l'evoluzione della sequenza sismica, o in progetti di ricerca in aree scientificamente interessanti).

Una volta circoscritta l'area di studio e valutata la presenza e la geometria di reti sismiche permanenti, la scelta dei siti temporanei è determinata dal miglior compromesso tra il dettaglio di analisi richiesto (ovvero la soglia minima di magnitudo) e la sicurezza della strumentazione. È importante allestire una stazione sismica in modo da preservarla da eventuali furti o atti vandalici (pannelli solari e batterie sono sempre oggetto d'interesse) ma anche in modo da non far avvicinare curiosi con il rischio di provocare incidenti ai civili. Se non è possibile collocare la stazione all'interno di proprietà private, è opportuno mimetizzare la strumentazione ad esempio con la vegetazione o con eventuali pietre presenti nel terreno circostante (*Figura 16*).



Figura 16. Esempio di siti temporanei con strumentazione mimetizzata con l'ambiente.

Da un punto di vista sismico è importante evitare tutte le fonti di rumore come strade, ferrovie, corsi d'acqua, tralicci e palificazioni, soprattutto negli esperimenti mirati allo studio della microsismicità perché il rumore permanente altera il segnale sismico. Per evitare disturbi provocati da eventi estranei ai sismi è importante rimanere il più possibile lontani dalle fonti di rumore antropico, privilegiando siti su roccia coerente (*Figura 17*).



Figura 17. Esempio d'installazione di sensori.

Altrimenti si consiglia di interrare il sensore lasciando almeno 15/20 cm di terreno di copertura. Questo garantisce un miglior accoppiamento con il terreno, diminuisce l'accoppiamento con i disturbi superficiali e aumenta l'isolamento termico del sensore assicurando il miglior rapporto segnale/rumore possibile per quel sito.

4.2 L'impianto di alimentazione: orientamento ed inclinazione dei pannelli solari

Per garantire la massima funzionalità dell'impianto di alimentazione di una stazione temporanea, quando esso è costituito da un pannello fotovoltaico, un aspetto da non sottovalutare è la disposizione del pannello sia come orientamento che come inclinazione. Infatti un cattivo orientamento o una cattiva inclinazione possono causare forti perdite di rendimento energetico.

Un pannello solare per catturare la maggiore quantità di energia solare possibile deve essere esposto direttamente ai raggi solari in modo perpendicolare. In teoria l'orientamento corretto da tenere nell'emisfero Boreale per i pannelli solari è il Sud. Tuttavia non sempre si ha la possibilità di installare i pannelli con tale posizione ottimale.

Occorre tenere ben presente che durante la giornata la posizione del sole nel cielo cambia e che le zone d'ombra causate dalla presenza di ostacoli naturali (alberi, montagne ecc) o artificiali (edifici, pali della luce ecc) sono sempre in agguato. Inoltre l'installazione di una stazione temporanea può avvenire in qualsiasi stagione e area geografica e quindi diversi sono gli aspetti da considerare con cui occorre scendere a compromessi. Ci sono zone geografiche caratterizzate da alcune regolarità meteorologiche locali come la foschia nelle ore del mattino o le precipitazioni piovose in quelle pomeridiane. Orientando i pannelli solari

verso Sud/Sud-Ovest si massimizza il rendimento dei pannelli solari nelle ore pomeridiane, quando i raggi del sole sono particolarmente più caldi. In tal modo vengono catturati i raggi solari in modo perpendicolare nelle ore del pomeriggio, evitando le ore del mattino quando la foschia e la nebbia possono ostacolare l'irraggiamento. In quelle aree geografiche caratterizzate da regolari precipitazioni piovose nelle ore pomeridiane (come alcune zone costiere e montane) è invece preferibile orientare i pannelli solari verso Sud/Sud-Est per massimizzare il rendimento dei pannelli solari nelle ore della mattina.

L'inclinazione è invece determinata dalla latitudine del luogo d'installazione dei pannelli e dalla stagione in corso. Questo perché al crescere della latitudine il percorso del sole si abbassa rispetto l'orizzonte Spostandosi verso latitudini più a Nord bisogna aumentare l'inclinazione così come avviene per installazioni realizzate in periodi invernali.

L'inclinazione ottimale è quindi con pannello solare diretto a Sud e angolo di *tilt*, ovvero l'inclinazione dello stesso rispetto al piano orizzontale, pari alla latitudine del luogo di installazione con ulteriori correzioni che dipendono dal meteo e dalla morfologia locale. Durante il periodo invernale bisogna correggere il *tilt* di 10° per compensare l'abbassamento del sole rispetto all'orizzonte. Scostamenti contenuti rispetto alla posizione ottimale producono una diminuzione del rendimento da circa il 10%, per un'errata inclinazione orizzontale, fino a 35%, per un'errata inclinazione verticale (*Figura 18*).

In generale si consiglia di installare il pannello fotovoltaico in modalità invernale poiché l'abbondanza di radiazione solare estiva (maggiore durate del giorno e maggiore intensità) compensa l'errata inclinazione.

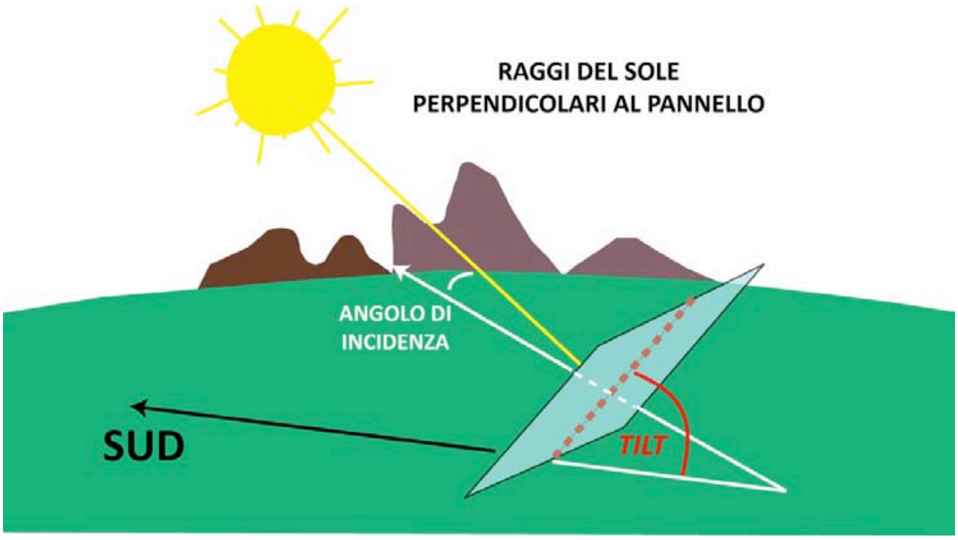


Figura 18. Schema di orientamento e inclinazione ottimale del pannello solare.

Un altro fattore importantissimo da considerare per il massimo rendimento di un impianto solare è costituito dalle ombre prodotte dagli oggetti circostanti sulla superficie attiva del pannello. Edifici e piante nei dintorni del punto d'installazione generano normalmente ombre estese che, soprattutto all'alba e al tramonto, possono ridurre anche di ore la produzione di energia elettrica. Occorre prendere nella massima considerazione anche le ombre meno estese prodotte da oggetti più piccoli (sassi per bloccare il pannello alla base, erba, cespugli o piccole piante nelle vicinanze) o lunghi e stretti (cancellate, pali e tralicci). Le celle di silicio dei pannelli sono collegate in serie. Se anche una sola cella viene oscurata essa limita la corrente prodotta dall'intera serie con notevole diminuzione della corrente prodotta. Nei pannelli CIS (*Copper Indium Selenium*) queste problematiche sono inferiori. In questi pannelli, di cui la RSM si è dotata recentemente, la diminuzione di corrente per piccole ombre è proporzionale alla superficie dell'ombra. Qui la tecnologia di realizzazione delle celle è per deposizione di film sottile e l'area della cella è molto maggiore di quella fatta col silicio. Questi pannelli hanno però ancora efficienze inferiori a quelli in silicio.

Ringraziamenti

La realizzazione di un esperimento in ordinaria attività di ricerca ma in particolar modo durante un'emergenza sismica, è sempre frutto del contributo e del sostegno di più persone. Realizzare un buon intervento in campagna è il risultato non solo di una buona pianificazione e organizzazione ma soprattutto di una evidente sinergia e di una insostituibile passione che non solo si sono mantenute nel tempo ma si sono rinnovate ad ogni nuova esperienza.

È con vero piacere che rivolgiamo quindi un sincero ringraziamento a tutti coloro che in tanti anni di attività hanno lavorato per e con la Rete Sismica Mobile, per la disponibilità e l'entusiasmo dimostrati nonostante le difficoltà e le molteplici criticità incontrare che ci hanno permesso di crescere e realizzare indiscutibili successi nel campo della ricerca. In particolare ringraziamo tutto il personale del servizio di reperibilità di Roma, Riccardo Azzara, Marco Cattaneo, Martina Demartin, Alessandro Amato e Giulio Selvaggi.

Infine, un ringraziamento va a Ezio D'Alema per la tempestività nella revisione del testo e per gli utili commenti.

Bibliografia

Abruzzese, L., Cattaneo, M., Cecere, G., Cardinale, V., Castagnozzi, A., D'Alema, E., Delladio, A., De Luca, G., Falco, L., Franceschi, D., Frapiccini, M., Govoni, A., Memmolo, A., Minichiello, F., Monachesi, G., Moretti, M., Moschillo, R., Pignone, M., and Selvaggi, G. (2008). *La Rete Sismica di Pronto Intervento satellitare*, 27° Convegno Nazionale GNGTS - Trieste 6-8 ottobre 2008.

Abruzzese, L., Avallone, A., Cecere, G., Cattaneo, M., Cardinale, V., Castagnozzi, Cogliano R., Criscuoli, F., D'Agostino, N., D'Ambrosio, C., De Luca, G., D'Anastasio, E., Delladio, A., Demartin, M., Falco, L., Flammia, V., Franceschi, D., Govoni, A., Migliari, F., Minichiello, F., Memmolo, A., Monachesi, G., Moretti, M., Moschillo, R., Pignone, M., Pucillo, S., Selvaggi, G. and Zarrilli., L. (2009). *Le reti sismica e geodetica di pronto intervento dell'INGV: un primo impiego a seguito del terremoto de L'Aquila del 6 aprile 2009*. GNGTS - 28° Convegno Nazionale, Trieste 16-19 novembre 2009.

Falco, L. (2008). *Implementazione e gestione di una rete di monitoraggio GPS e sismica mediante tecnologie GPRS/EDGE/UMTS/HSDPA.* Rapporti Tecnici INGV, n° 69.

Govoni, A., Abruzzese, L., Amato, A., Basili, A., Cattaneo, M., Chiarabba, C., Delladio, A., Monachesi, G., Moretti, M., Selvaggi, G., Boschi, E. (2008). *Sequenze sismiche: La nuova struttura di Pronto Intervento dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia*, 27° Convegno Nazionale GNGTS - Trieste 6-8 ottobre 2008.

Marsella, E., Favali, P., Castellano, M., Aiello, G., Bortoluzzi, G., Di Fiore, V., Ligi M., Sgroi, T.,Frugoni F., Patane', D., Passaro S., Ruggieri, S., Ferrante, V., Scotto Di Vettimo, P., Iavarone, M., Mangano, G., Augusti, V., Ciampi, M., De Cesare, W., La Rocca, M., Di Prima, S., Rapisarda, S., Zuccarello, L., Platania, R., Contrafatto, D., Moretti, M., Govoni, A., Speciale, S., Marchetti, E., Lacanna, G., Ulivieri, G., Genco, R., Ilinskyi, D., Rinke, N.R. (2007). The Stromboli geophysical experiment. preliminary report on wide angle refraction seismics and morphobathymetry of Sstromboli island (southern tyrrhenian sea, italy) based on integrated offshore-onshore data acquisition (cruise str06 r/v Urania), ISMAR Bologna Technical Report N.102, Aprile.

M. Moretti e A. Govoni (2010). Isola di Tenerife (Canarie): Rapporto della campagna sismica al Teide. Rapporto Tecnico INGV, N°127.

Moretti M., et al., "Messina 1908-2008" Progetto di ricerca integrato sull'area Calabro – Peloritana: l'esperimento di sismica passiva, sottomesso a Quaderni di Geofisica.

Moretti M., et al. Operazione Blue Mountains 2008: la partecipazione dell'INGV all'esercitazione della Protezione Civile della Regione Marche (23-25 maggio 2008), in preparazione.

Peterson, J. (1993). Observation and modeling of seismic background noise. Open-File report 93-322, USGS. 95pp.

ALLEGATO A

Manuale d'uso di PFC_130

Indice

Introduzione 29

1. Uso e manutenzione del PDA 29

2. Avvio dell'applicazione PFC_130 30

3. Configurazione di un 130 31

3.1 Come configurare il 130 con nuovi parametri 31

3.2 Come configurare il 130 con un *file* dei parametri esistente 31

3.3 Come configurare il 130 con *file* dei parametri esistente nel PDA 32

3.4 Modificare il *file* di configurazione dei parametri 32

3.4.1 Attivare un canale 34

3.4.2 Definire il *datastream* 35

3.5 Salvare il *file* di configurazione dei parametri 37

3.5.1 Cancellare una configurazione 38

3.6 Inviare la configurazione al 130 38

4. Controllo di un 130 39

4.1 Controllo dello *Status* 39

4.2 Impostazione dell'orologio interno del 130 41

4.3 Assegnare i parametri dell'*Ethernet* 41

4.4 Per cancellare, scaricare o aggiornare la RAM del 130 43

4.5 Controllo del *Monitor* 44

4.6 Formattazione del disco 45

5. Consigli pratici 46

Bibliografia 49

Introduzione

La REF TEK ha sviluppato il *software* "*Palm Field Controller*" (PFC_130) per il *Command/Control* degli acquisitori 130. PFC_130 è un programma *Palm* OS per PDA (*Personal Digital Assistant*) usato per modificare e programmare i parametri di acquisizione del REF TEK 130 tramite il connettore seriale (*Figura 6*). L'utente può così facilmente comunicare e gestire una unità 130 per il controllo completo delle stazioni sismiche sia temporanee che permanenti.

Questo manuale fornisce lo *startup* e le procedure operative di base per l'uso dell'interfaccia PFC_130 con l'acquisitore 130. Saranno mostrati i comandi di maggior utilizzo nelle operazioni di installazione/controllo *standard* della strumentazione della RSM del CNT.

Per operazioni differenti, ad esempio per un diverso tipo di campionamento del segnale, *storage*, *setup* sensori ecc, far riferimento al manuale fornito dalla casa produttrice REF TEK (`http://www.reftek.com/`).

Il *software* PFC_130 e suoi aggiornamenti sono scaricabili dal sito della casa produttrice REF TEK, una volta registrati, nell'area ***Support*** (`http://support.reftek.com/`).

1. Uso e manutenzione del PDA

Attualmente gli operatori della RSM del CNT hanno in dotazione due tipi di PDA: il modello Vx della *Palm* (*Figura A1 – sinistra)* e il modello *Cliè* della *Sony* (*Figura A1 - destra*).

Per installare il software PFC_130 nel palmare Vx, è necessario utilizzare un pc e l'apposito programma di comunicazione *HoTSync* (vedi l'icona di *HotSync* in *Figura A2*). Con questa procedura è possibile sincronizzare i dati e le applicazioni presenti sul palmare.

Il palmare *Cliè* può essere preparato nello stesso modo ma esso supporta anche un *memory stick* su cui è possibile effettuare un *backup* completo dello stato del palmare ed il successivo ripristino. Inoltre il cavo di collegamento con il 130 permette di alimentare il palmare.

Tutti i palmari mantengono le applicazioni aggiuntive ed i dati dell'utente in una memoria volatile. Quando la batteria si scarica completamente tutte questi informazioni vengono perse e l'apparecchio deve essere ripristinato completamente.

La REF TEK sta attualmente sviluppando anche un'applicazione per pc multipiattaforma (*Windows/Linux*) con le stesse funzioni del PFC_130. Appena verrà rilasciata la prima versione stabile, potrà essere utilizzata per tutte le funzioni di comando e controllo del 130.



Figura A1

2. Avvio dell'applicazione PFC_130

1. Per lanciare l'applicazione selezionare l'icona **PFC_130** nello schermo del PDA (*Figura A2*).



Figura A2

2. La schermata iniziale di PFC_130 mostra il titolo del *software* con indicata la versione installata che può essere controllata anche dal menù ***Options/About PFC_130*** (*Figura A3*) .

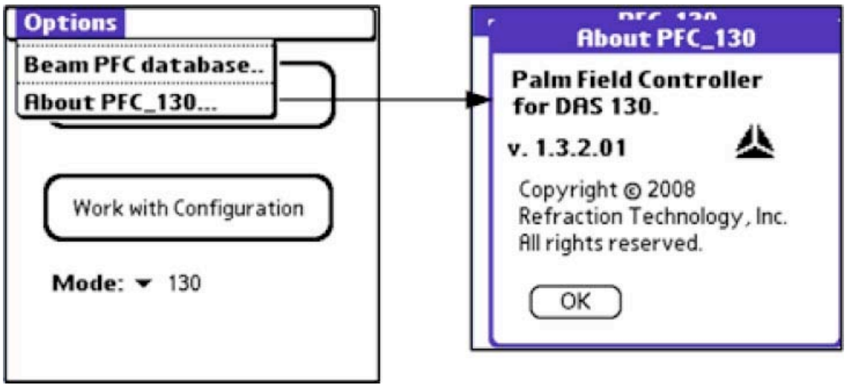


Figura A3

3. La schermata principale del menù di PFC_130 mostra le due principali funzioni (*Figura A4*):
   a. ***Control***: per il controllo del 130;
   b. ***Work with Configuration***: per la configurazione dell'unità.

<u>NOTA</u>: Esistono diversi tipi di REF TEK 130. Con la funzione ***Mode*** si seleziona quella in uso (***130*** nel nostro caso, *Figura A4*).

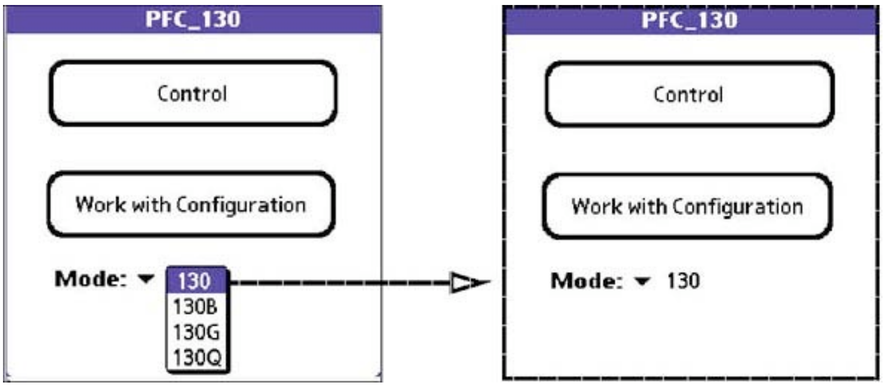


Figura A4

3. Configurazione di un 130

Selezionando ***Work with Configuration*** (*Figura A5 - sinistra*) compare il sottomenù ***Configuration Manager*** (*Figura A5 - destra*) tramite il quale è possibile creare, editare, salvare ed inviare al 130 i parametri di configurazione:

a) ***New***: crea una nuova sessione di configurazione (*Paragrafo 3.1*).
b) ***From* DAS**: carica i parametri memorizzati nel 130 (*Paragrafo 3.2*).
c) ***Load***: carica un *file* dei parametri memorizzato nel PDA (*Paragrafo 3.3*).
d) ***Parm Status***: verifica lo stato dei parametri correnti.
e) **DAS LP/WP**: carica (LP) o scrive (WP) un *file* dei parametri dalla/nella *memory card.*
f) ***Send to DAS***: invia i parametri di configurazione al 130 (*Paragrafo 3.6*).
g) ***Save As***: salva i parametri in un *file* di configurazione (*Paragrafo 3.5*).
h) ***Save***: salva il *file* di configurazione corrente.
i) ***Edit***: permette di implementare i parametri (*Paragrafo 3.4*).

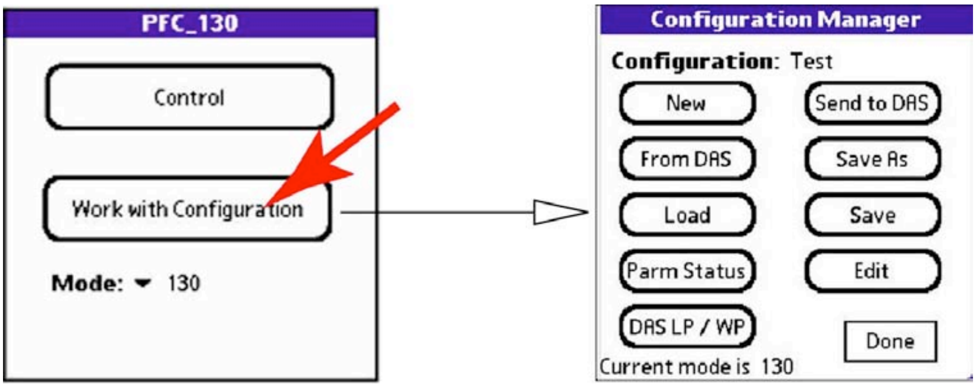


Figura A5

3.1 Come configurare il 130 con nuovi parametri

1. Cliccando il pulsante ***New*** si apre il sottomenù ***New Configuration*** (*Figura A6 - destra*).
2. Aggiungere il nome del nuovo *file* dei parametri selezionando l'area vuota dopo l'etichetta ***Name***.
3. Cliccare il bottone ***OK*** per approvare l'operazione.

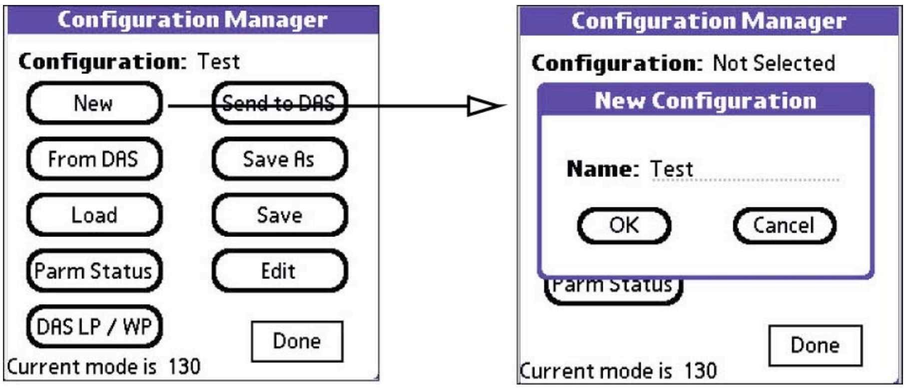


Figura A6

3.2 Come configurare il 130 con un *file* dei parametri esistente

1. Cliccando il pulsante ***From DAS*** è possibile caricare e utilizzare il *file* dei parametri presente nel 130 (*Figura A7*).
2. Il *file* può essere modificato (vedi *Paragrafo 3.4*) ed ri-inviato al 130 (vedi *Paragrafo 3.6*).



Figura A7

3.3 Come configurare il 130 con *file* dei parametri esistente nel PDA

1. Cliccando il pulsante ***Load è*** possibile caricare e utilizzare un *file* dei parametri presente PDA (*Figura A8*).
2. Il *file* può essere editato per un controllo o una modifica (Vedi *Paragrafo 3.4*) e nel caso ri-inviato al 130 (*Paragrafo 3.6*).

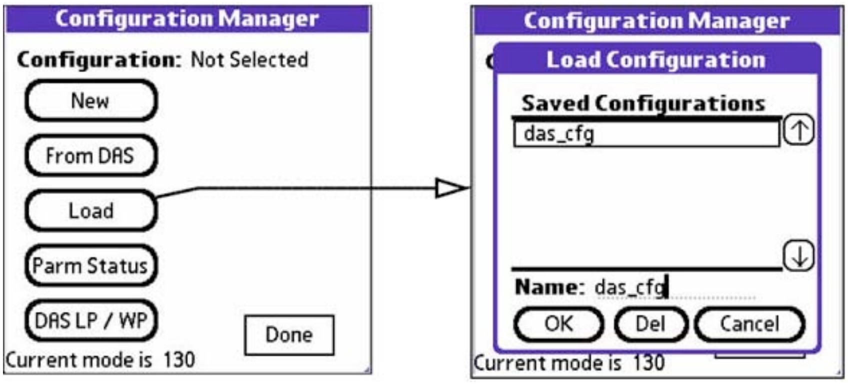


Figura A8

3.4 Modificare il *file* di configurazione dei parametri

1. Cliccando *il* pulsante ***Edit*** (*Figura A9*) si apre la finestra ***Edit Configuration*** dalla quale è possibile aggiungere o modificare le informazioni di configurazione per la stazione, l'esperimento, i canali, e i parametri degli *stream* (*Figura A10*).

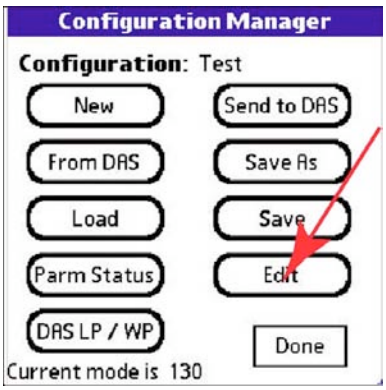


Figura A9

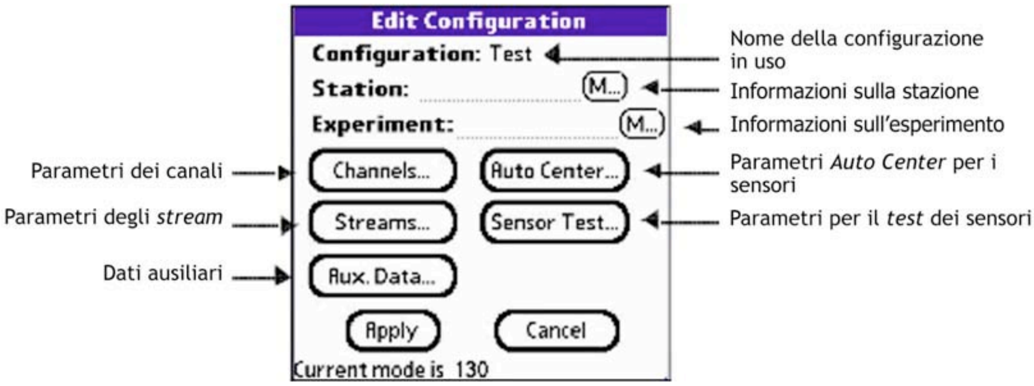


Figura A10

2. ***Configuration***: viene mostrato il nome del *file* di configurazione in visualizzazione.
3. ***Station***: per inserire la sigla della stazione in configurazione, aggiungere il nome selezionando l'area vuota dopo l'etichetta ***Station*** (*Figura A11*). È possibile aggiungere delle informazioni di commento al nome della stazione cliccando sul pulsante ***M*** (*Figura A11 - destra*).

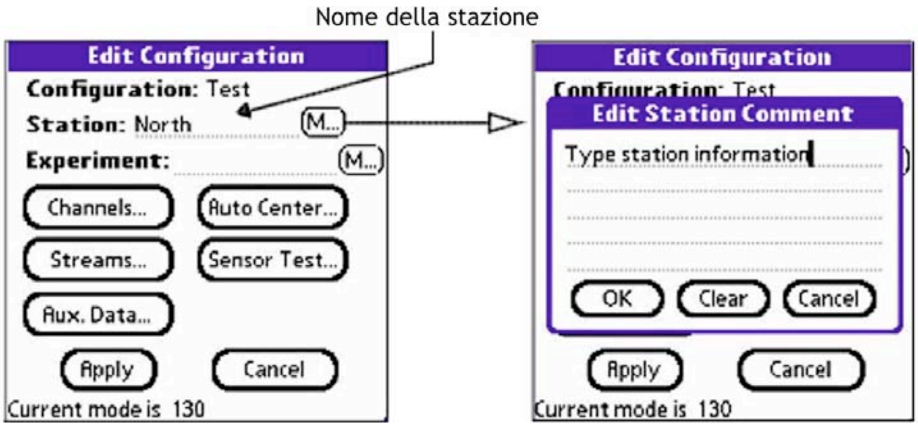


Figura A11

4. ***Experiment***: per inserire il titolo dell'esperimento, aggiungere il nome dopo l'etichetta ***Experiment*** (*Figura A12*). È possibile aggiungere delle informazioni di commento al nome dell'esperimento facendo *clic* sul pulsante ***M*** (*Figura A12 - destra*).

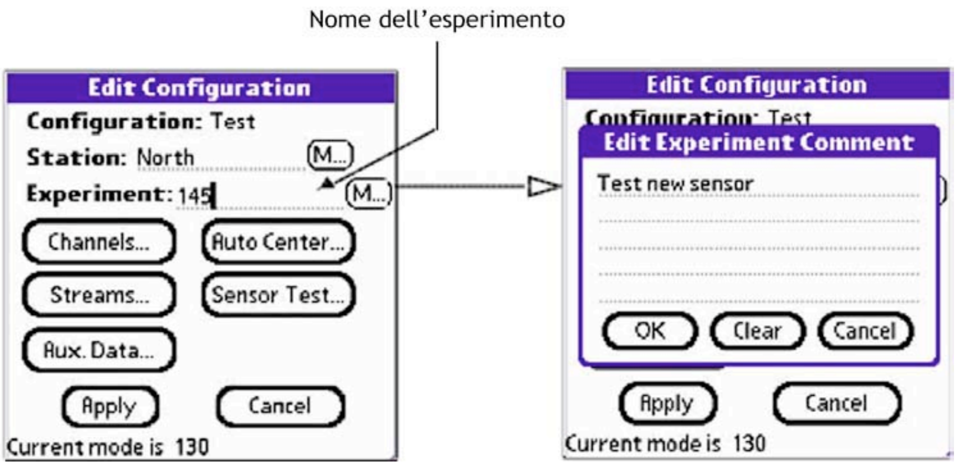


Figura A12

3.4.1 Attivare un canale

1. Cliccando il pulsante ***Channels*** (*Figura A13 - destra*) si accede al sottomenù che consente di attivare i canali associati al 130 (*Figura A13 - sinistra*). Alcune delle informazioni da inserire in questo menù non sono obbligatorie. Vengono qui mostrate quelle di maggior utilizzo per le stazioni della RSM.
2. Selezionare il canale da attivare con le frecce alla destra del menù (*Figura A13 - destra*).
3. Cliccando il pulsante ***Activate*** si attiva il canale e si apre la finestra ***Channel Details*** (*Figura A14 - destra*).

<u>NOTA</u>: Nella colonna ***Active***: "**-**" indica un canale non attivato; "+" canale attivato.

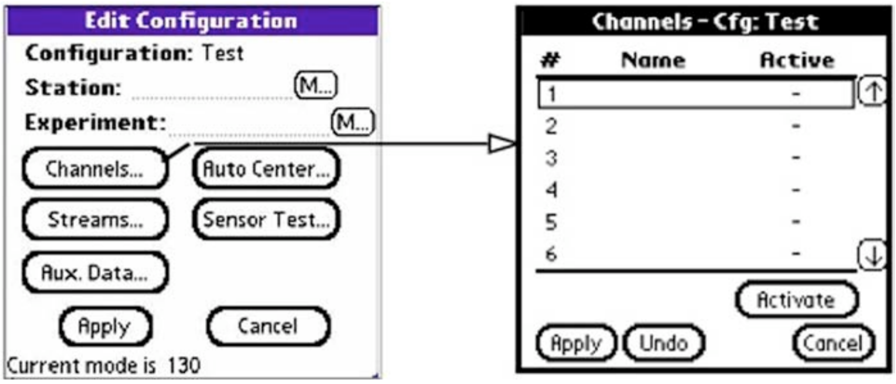


Figura A13

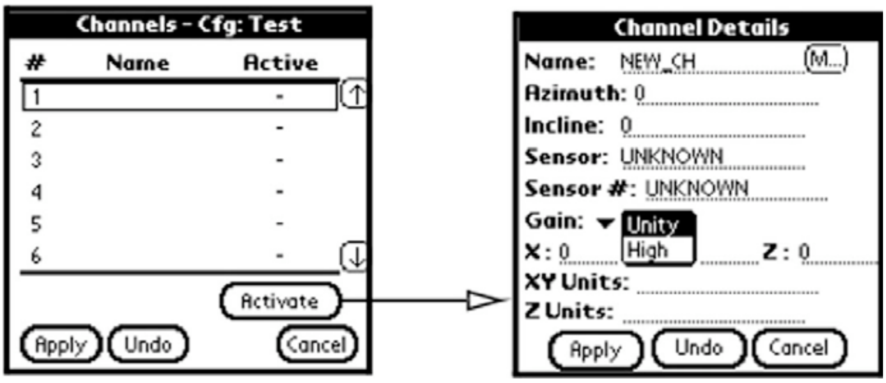


Figura A14

4. È possibile aggiungere il nome del canale selezionando l'area dopo ***Name*** e, cliccando sul pulsante ***M***, delle informazioni di commento.
5. Immettere l'angolo di orientamento del canale rispetto al Nord e l'inclinazione dello stesso rispetto al piano orizzontale, selezionando la linea dopo il campo ***Azimuth*** e ***Incline***, rispettivamente.
6. È possibile aggiungere il modello e il S/N del sensore selezionando l'area dopo ***Sensor*** e ***Sensor#***, rispettivamente.
7. Selezionare il guadagno nel menù a discesa (***Unity***=1; ***High***=32). Questo è un campo da prestare particolare attenzione.
8. Cliccando sul pulsante ***Apply***, vengono accettati gli aggiornamenti fatti e si torna al menù ***Channels***. Questa operazione va ripetuta per tutti i canali da attivare.

<u>NOTA</u>: È possibile cancellare tutti gli aggiornamenti fatti e ricominciare a inserire le informazioni per il canale selezionato, cliccando il pulsante ***Undo***.

In genere il *file* di configurazione delle stazioni installate per la RSM del CNT è caratterizzato dai seguenti parametri:

PARAMETRO	CANALE 1/4	CANALE 2/5	CANALE 3/6
Canale sensore	**Z**	**N**	**E**
Azimuth	**0**	**0**	**90**
Incline	**0**	**90**	**90**
Gain	**1**	**1**	**1**

3.4.2 Definire il *datastream*

1. Cliccando il pulsante ***Stream*** (*Figura A15 - sinistra*) si attiva il menù del *datastream* (*Figura A15 - destra*).

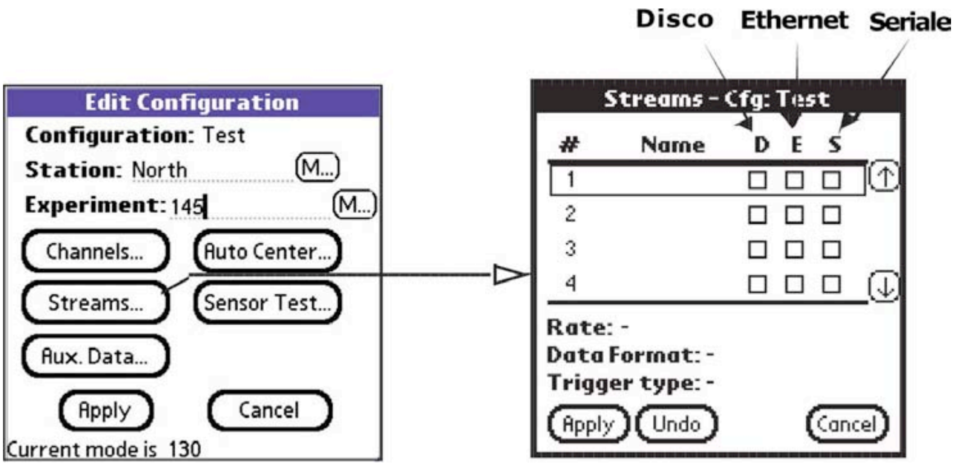


Figura A15

2. Selezionare il *datastream* (massimo 8), utilizzando le frecce a destra (*Figura A15 - destra*).
3. È possibile scegliere la destinazione di registrazione del *datastream*: ***D*** (su disco in locale), ***E*** (*Ethernet*) e/o ***S*** (Seriale). È ammissibile più di una destinazione contemporaneamente. Se si utilizza ***E*** o ***S*** verificare la configurazione di rete con particolare riguardo all'indirizzo del *server* RTPD (vedi *Paragrafo 4.3*).
4. Con ***Format***, è possibile scegliere il formato dei dati per il *datastream* utilizzando il menù a discesa: **CO** sta per compresso, ***32*** per 32-*bit*, o **C2** per altamente compresso (*Figura A16*).

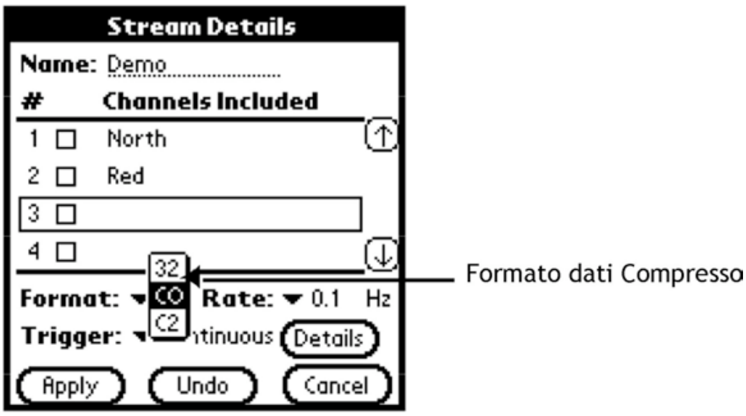


Figura A16

5. Con ***Rate*** è possibile selezionare il passo di campionamento (*Samples Per Second*, sps) utilizzando il menù a discesa (*Figura A17*).

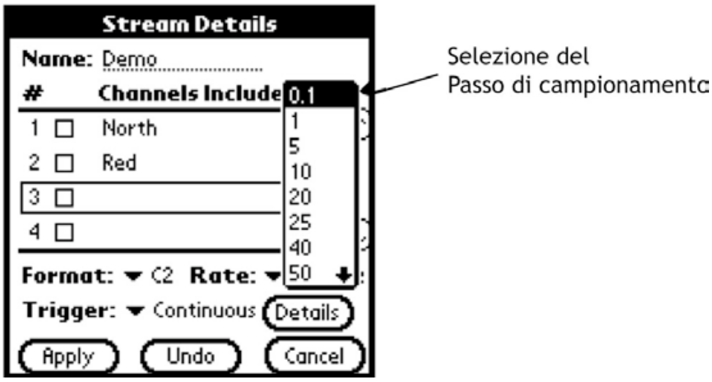


Figura A17

Sono possibili diversi passi di campionamento suddivisi in 2 gruppi:

CASO	DESCRIZIONE	ESEMPIO
GRUPPO 1 1000, 500, 250, 125, 50 e 25	Scegliendo un valore del Gruppo 1, tutti i *datastream* devono avere lo stesso passo di campionamento.	*Datastream* 1---→ 125 SPS *Datastream* 2---→ 125 SPS …. *Datastream* N---→ 125 SPS
GRUPPO 2 200, 100, 40, 20, 10, 5, 1 e 0,1	Scegliendo un valore del Gruppo 2, gli altri *datastream* possono avere un qualsiasi passo di campionamento all'interno dei valori del gruppo.	*Datastream* 1---→ 40 SPS *Datastream* 2---→ 100 SPS …. *Datastream* N---→ 200 SPS

6. Selezionare il tipo di ***trigger*** per ogni *stream* dal menù a discesa (*Figura A18*).



Figura A18

7. Infine, per accettare la configurazione implementata, cliccare sul pulsante ***Apply***.

<u>NOTA:</u> Selezionando ***Continuous*** come tipo di *trigger* si apre il sottomenù ***Continuous Trigger*** dove è importante definire la lunghezza della registrazione (*Figura A19*).

1. Cliccare il campo accanto a ***Record Lenght*** (*Figura A19 - destra*) e indicare la lunghezza della registrazione dei dati da parte del 130 (in secondi);
2. Cliccare la finestra ***Time*** (tempo di avvio iniziale) e settare la data e l'ora (*Figura A19 - destra*).

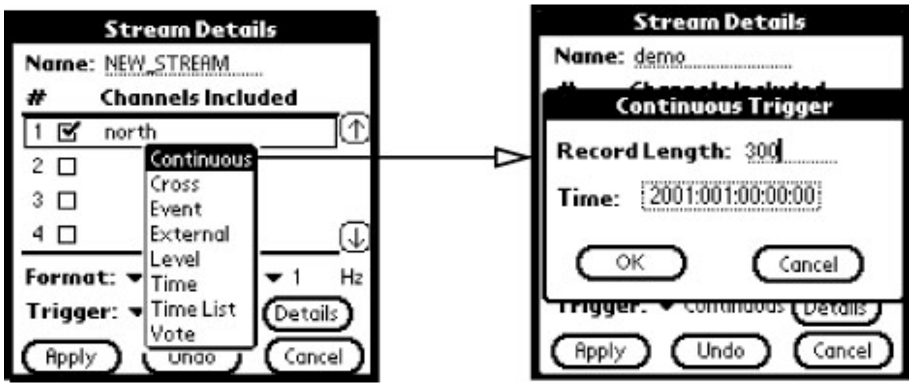


Figura A19

<u>NOTA</u>: In genere il *file* di configurazione delle stazioni installate dalla RSM del CNT è caratterizzato dai seguenti parametri:

PARAMETRO	VALORE
Format	**CO**
Rate	**125**
Trigger	***Continuous***
Record Lenght	**3600**

3.5 Salvare il *file* di configurazione dei parametri

1. Cliccando sul pulsante ***Save As*** (*Figura A20*) si apre la finestra per inserire il nuovo nome (*Figura A21*).
2. Immettere il nome della configurazione dopo l'etichetta ***Name*** (*Figura A21 - sinistra*).
3. Cliccando il bottone ***OK*** viene approvata l'operazione (*Figura A21 - destra*).

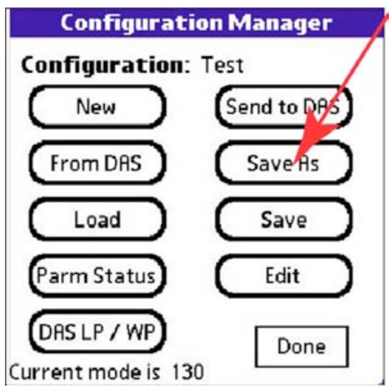


Figura A20

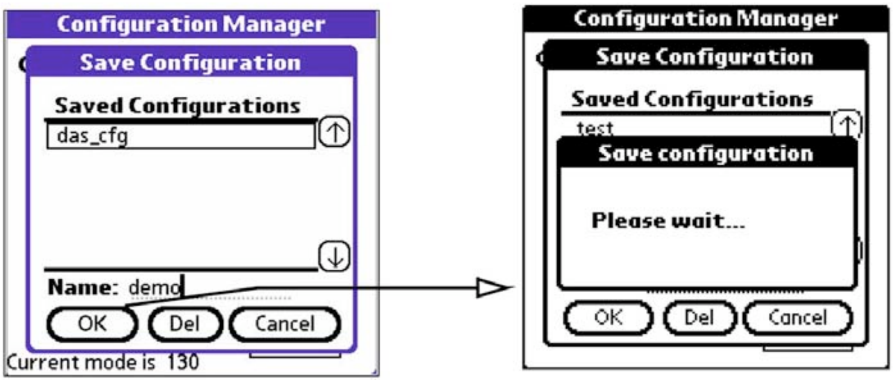


Figura A21

3.5.1 Cancellare una configurazione

1. Cliccando il pulsante ***Delete*** è possibile eliminare una configurazione salvata nel PDA (*Figura A22 - sinistra*).
2. Cliccando il bottone ***OK*** viene approvata l'operazione (*Figura A22 - destra*).

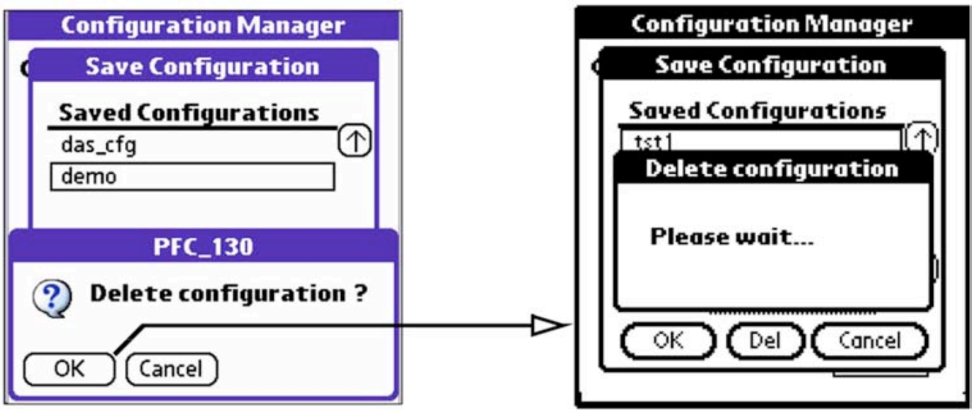


Figura A22

3.6 Inviare la configurazione al 130

Il *file* dei parametri implementato e salvato deve essere inviato al 130 in modo da configurare la stazione.

1. Cliccando il pulsante ***Send to DAS*** viene inviata la configurazione al 130 (*Figura A23 - sinistra*).
2. Cliccando il bottone ***OK*** viene accettata l'operazione (*Figura A23 - destra*).

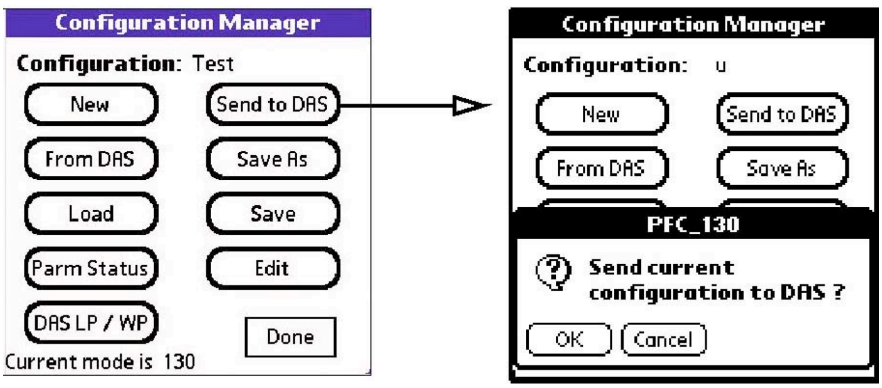


Figura A23

<u>NOTA</u>: Quando il 130 riceve i parametri, li implementa e blocca l'acquisizione. Dopo l'operazione di invio, si consiglia di effettuare lo ***Start Acquisition*** (vedi *Paragrafo 4.1*).

4. Controllo di un 130

Le funzioni di controllo includono lo *status* del 130 (lo stato dell'acquisizione, il GPS, il disco, ecc), la configurazione della telemetria (*NET*), la visualizzazione a *monitor* dei dati in acquisizione, il controllo della RAM e la formattazione dei dischi.

4.1 Controllo dello *Status*

1. Cliccando il bottone ***Control*** (*Figura A24*) viene iniziata una connessione seriale con il 130 (*Figura A25*).

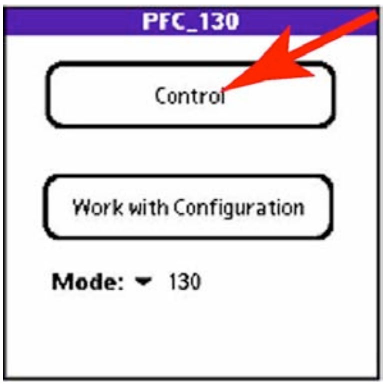


Figura A24

NOTA: Il menù di controllo verrà visualizzato solo quando viene stabilita la connessione.

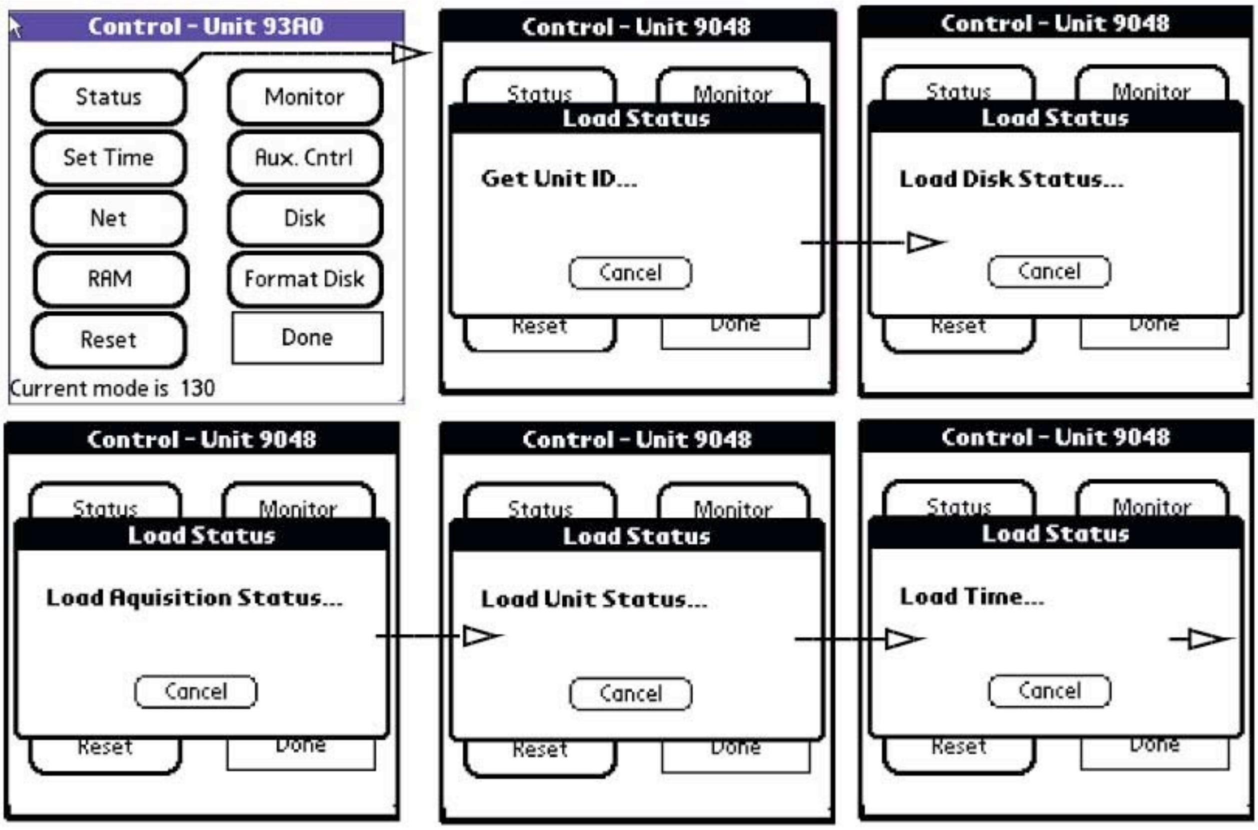


Figura A25

2. Una volta stabilita la connessione con il 130, viene mostrato il suo *status* (*Figura A26*).

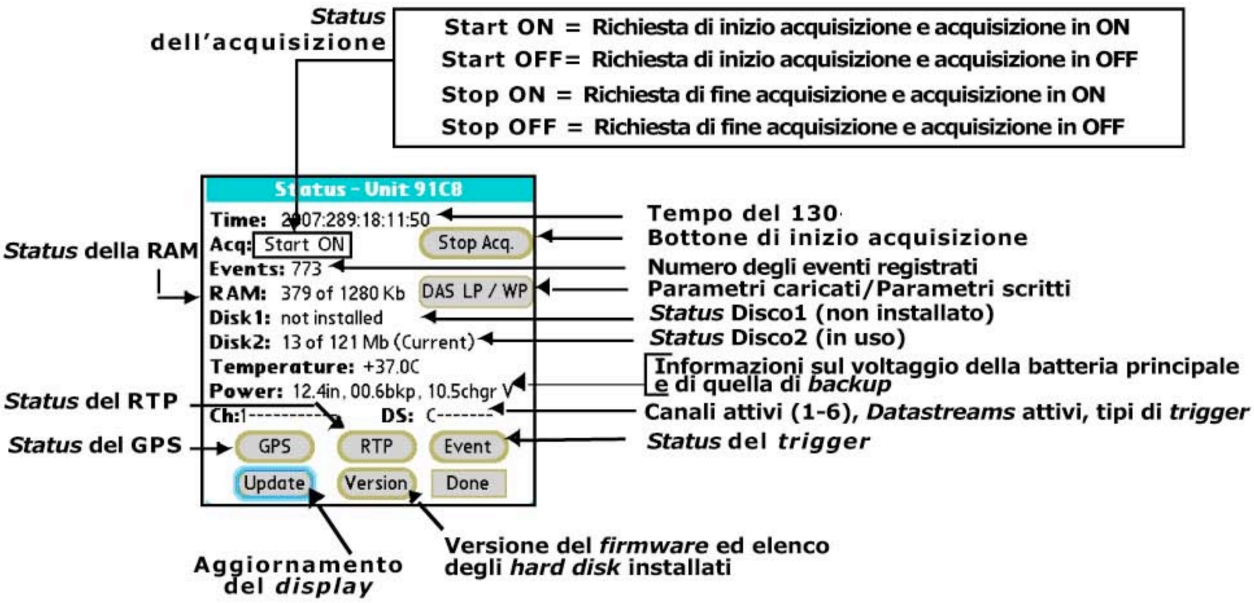


Figura A26

3. Cliccando il bottone ***GPS*** viene mostrato lo *status* del GPS (*Figura A27 - sinistra*).
4. Cliccando il bottone ***Update*** viene aggiornato lo stato del GPS (*Figura A27 - destra*).



Figura A27

5. Cliccando sul menù a tendina ***Mode*** è possibile impostare la modalità di funzionamento del GPS come spiegato in tabella:

MODALITÀ	DESCRIZIONE	
PRIMA DEL *FIRMWARE* VERSIONE 2.7.3	Non modificabile (***Cycled***)	
DOPO IL *FIRMWARE* VERSIONE 2.7.3	***CONTINUOUS***	Il GPS non viene mai spento e il 130 continua costantemente a sincronizzare l'orologio interno. Questa modalità consente la massima precisione nel *timing* della stazione a costo di un maggior consumo di corrente.
	CYCLED	Il GPS viene acceso ogni ora per un massimo di 20 minuti. Questa modalità consente una buona precisione nel *timing* della stazione con un minor consumo di corrente.
	OFF	Il GPS viene acceso all'accensione del 130 Una volta sincronizzato il tempo, il GPS si spegne definitivamente. Questa modalità consente di minimizzare il consumo di corrente a costo di una maggiore imprecisione nella sicronizzazione dell'orologio interno.

4.2 Impostazione dell'orologio interno del 130

1. Cliccando sul bottone ***Set Time*** si apre la finestra per settare l'orologio interno del 130 (*Figura A28 in alto*).
2. Cliccando sul bottone ***Date*** si apre la finestra per definire la data (*Figura A28 in basso*).

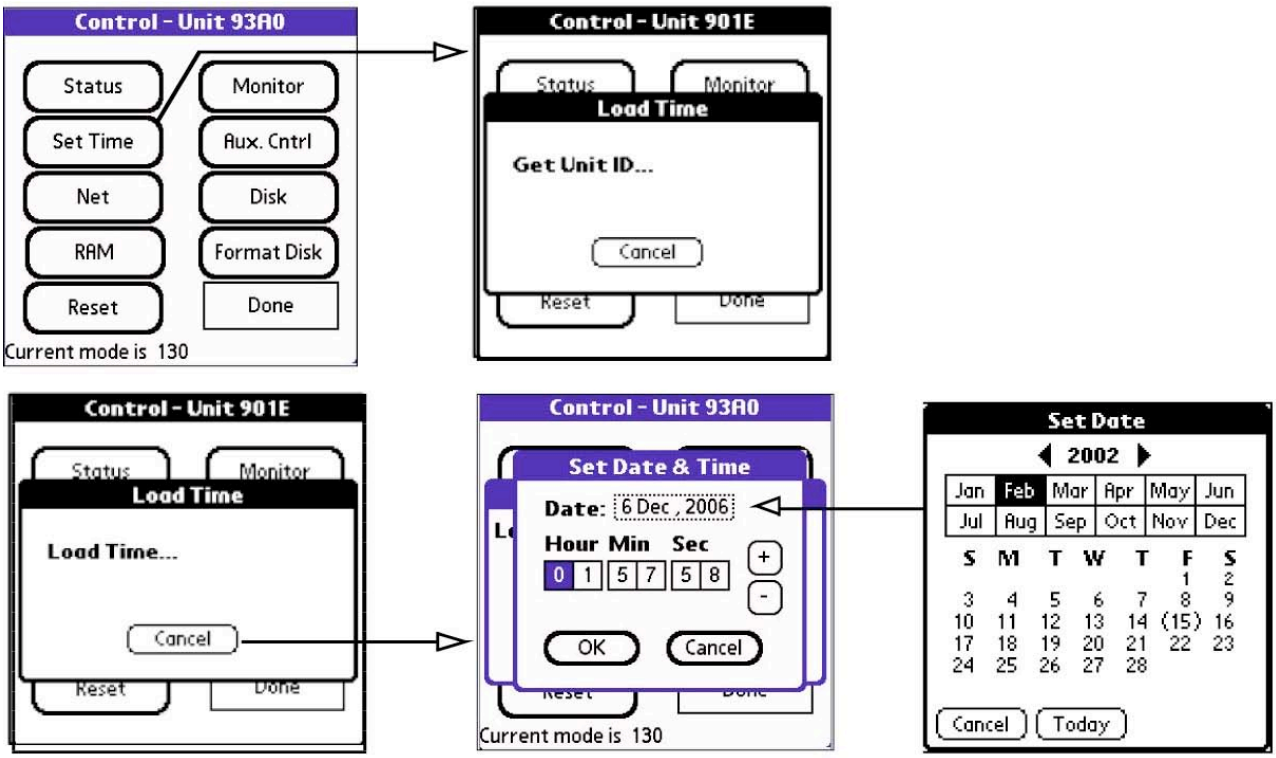


Figura A28

4.3 Assegnare i parametri dell'*Ethernet*

Il 130 viene fornito dalla casa produttrice pre-configurato con un indirizzo IP predefinito. Questo

indirizzo deve essere cambiato prima di collegare il 130 ad una rete *Ethernet*.

1. Cliccando sul bottone ***Net*** si apre la finestra del menù di controllo e di configurazione dei parametri della porta *Ethernet* e della *PPP Seriale* (*Figura A29 in alto*).
2. Evidenziare la finestra *Ethernet* per assegnare i parametri della rete *Ethernet* (*Figura A29 in basso - destra*).
3. Cliccare su ogni riga per inserire le informazioni.
4. Verificare la correttezza delle informazioni inserite.

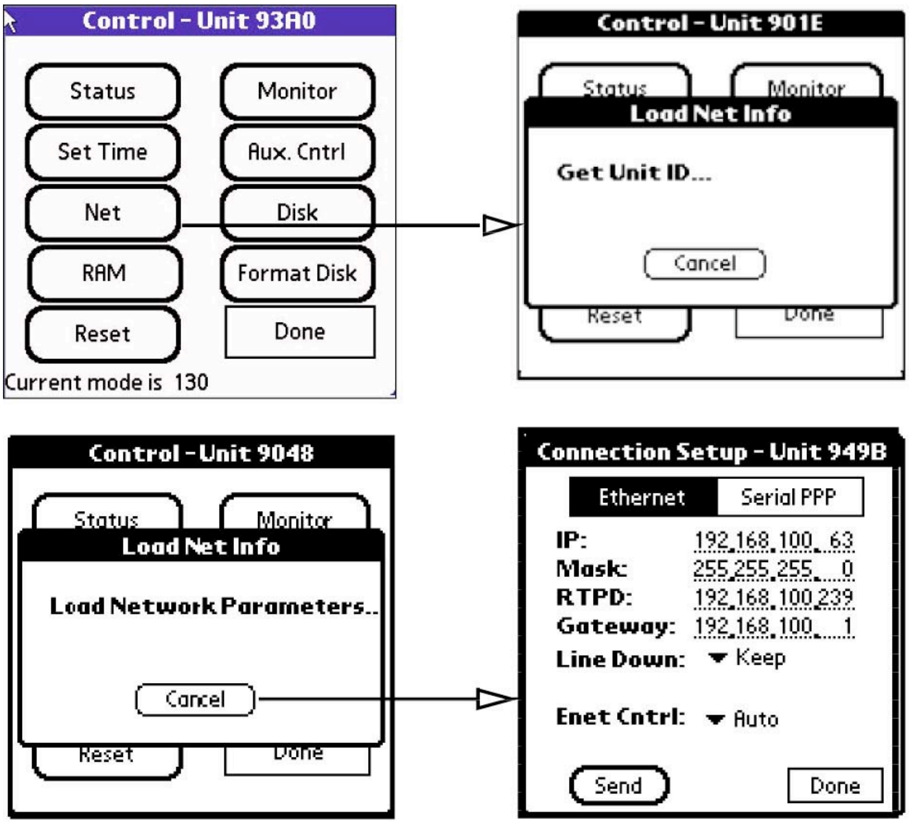


Figura A29

5. ***Line Down*** permette di definire il comportamento del 130 quando la linea dati è interrotta. Ci sono due possibilità (*Figura A30 - sinistra*):
   a. ***Keep***: se la connessione è giù, i dati vecchi vengono mantenuti nel *buffer* di trasmissione nella RAM e trasmessi appena la connessione viene ristabilita. L'acquisizione si ferma quando la RAM è piena;
   b. ***Toss***: se la connessione è giù, i dati nel *buffer* di trasmissione vengono eliminati dopo un tempo specificato (da 2 a 99 minuti).

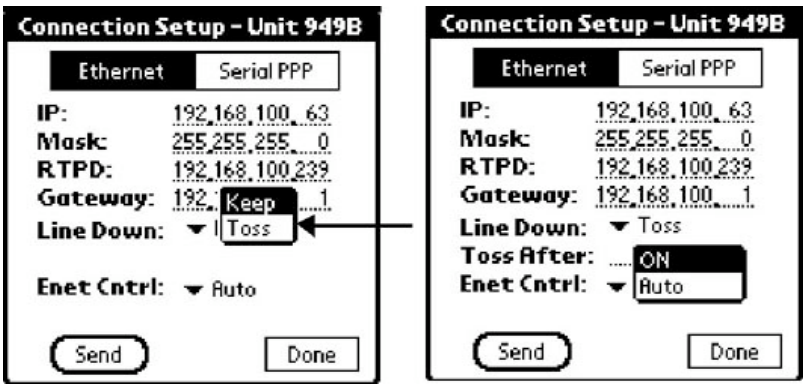


Figura A30

6. ***Enet Cntrl:*** permette di controllare lo stato di accensione della porta *ethernet* (*Figura A30 - destra*).
   a. ***ON***: la porta *ethernet* è sempre accesa;
   b. ***Auto:*** la porta *ethernet* viene accesa se al momento dell'accensione viene rilevato segnale di rete sulla porta.

4.4 Per cancellare, scaricare o aggiornare la RAM del 130

1. Cliccando il pulsante ***RAM*** nel menù di controllo (*Figura A31 - sinistra*) si apre un sottomenù da dove è possibile cancellare, ***Clear*** (*Figura A32*), scaricare, ***Dump*** (*Figura A33*) o aggiornare, ***Update***, la RAM (*Figura A34*).
2. Cliccando su ***OK*** viene approvata l'operazione.

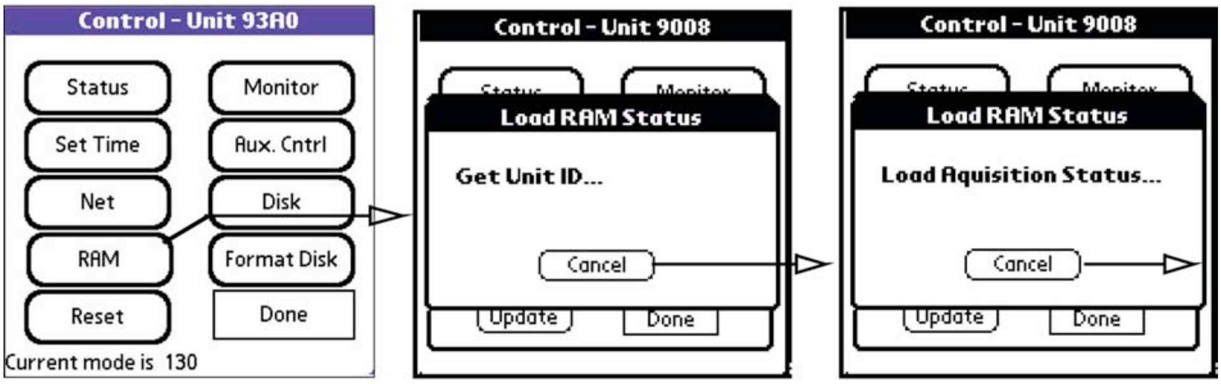


Figura A31

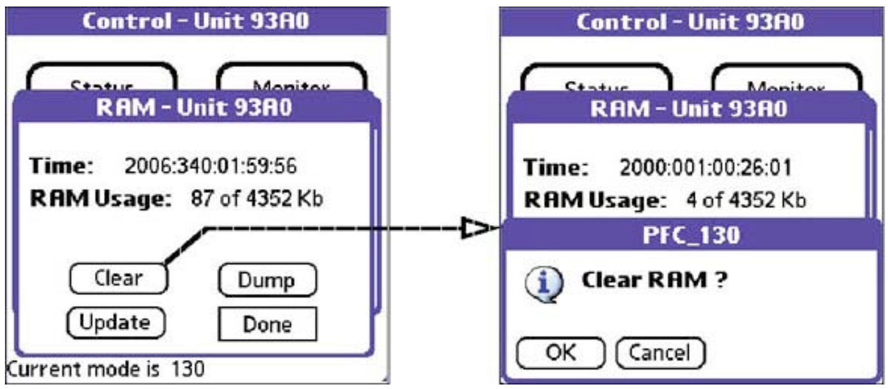


Figura A32

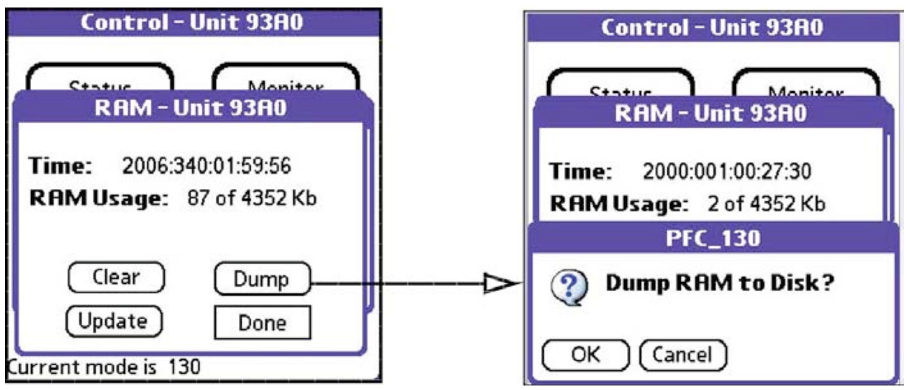


Figura A33

<u>NOTA</u>: l'operazione di ***Dump*** ha come destinazione unica il disco dati CF. Non funziona per i dati in *Ethernet* o *Serial* PPP.

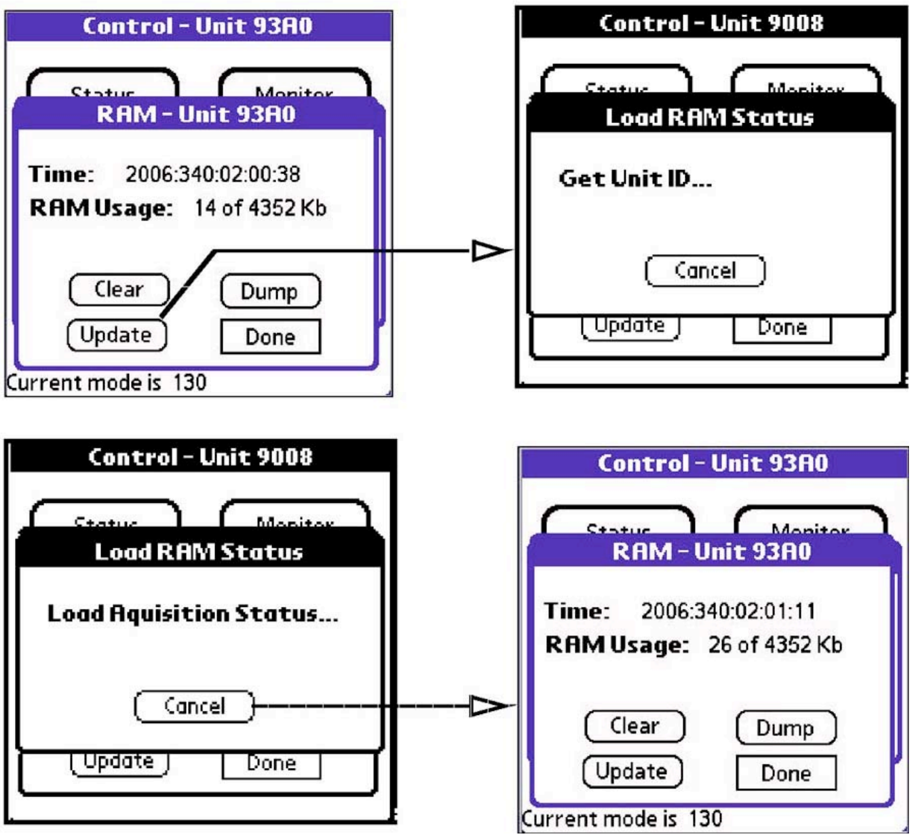


Figura A34

4.5 Controllo del *Monitor*

La funzione ***Monitor*** viene utilizzata per controllare l'acquisizione dei dati col dispositivo PDA. Il 130 registra 8s di dati, li filtra e li decima a 20 sps. Il risultato viene restituito al dispositivo PDA e visualizzato a *monitor*.

1. Cliccando il pulsante ***Monitor*** (*Figura A35 - sinistra*) si apre una finestra dove è possibile scegliere lo *stream* e il canale da controllore (*Figura A35 - destra*).

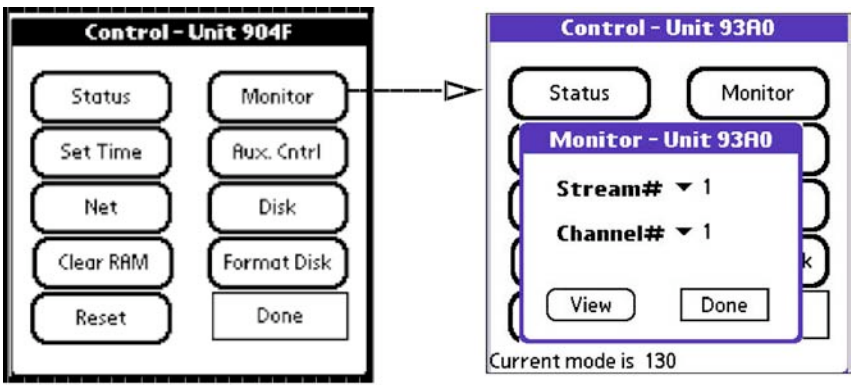


Figura A35

2. Cliccando il pulsante ***View*** viene restituito a *monitor* l'immagine dei dati richiesti (*Figura A36*).

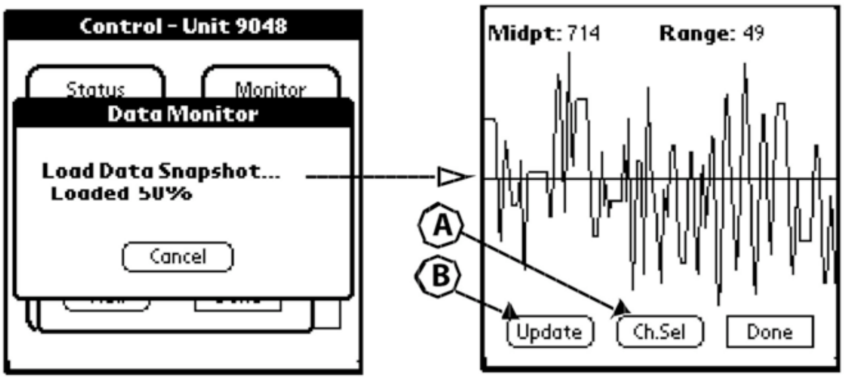


Figura A36

3. Cliccando su ***Update*** (*Figura A36 - B*) viene rigenerato la forma d'onda dello stesso canale.
4. Per selezionare un canale differente, fare clic sul pulsante ***Ch.Sel*** (*Figura A36 - A*).

4.6 Formattazione del disco

1. Cliccando sul pulsante ***Format*** dal menù di controllo (*Figura A37 in alto - sinistra*) si apre una finestra dove è possibile scegliere il disco da formattare.
2. Selezionare il disco da formattare (1 o 2) dal menù a discesa.
3. Cliccare sul pulsante ***Start*** per avviare la formattazione e ***OK*** per confermare la richiesta (*Figura A37 in basso*).

<u>NOTA</u>: una volta avviata la richiesta di formattazione, non c'è alcun modo di annullarla.

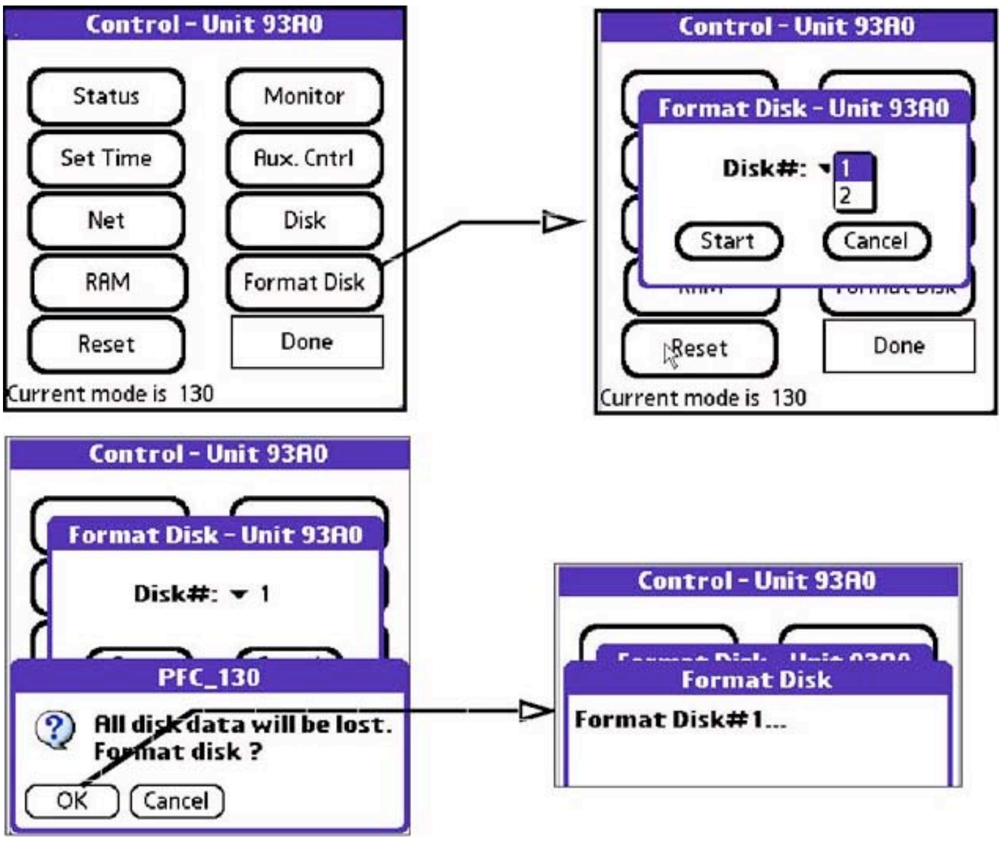


Figura A37

<u>NOTA</u>: È buona abitudine portare con se le CF già formattate (vedi **Allegato B**).

5. Consigli pratici

Il *file* dei parametri del 130 può essere pre-programmato in laboratorio o implementato direttamente in fase d'installazione in campagna, caricato dalla 130 o dal PDA a scelta dell'utente. Il consiglio è di configurare il 130 in laboratorio e di lasciare l'acquisizione sempre in ***Start ON***, soprattutto per la strumentazione dedicata alle emergenze sismiche. Come il 130 viene collegato all'alimentazione, l'acquisizione sarà già avviata evitando di perdere eventi importanti, specialmente durante le prime ore di emergenza.

In ogni caso è buona abitudine, una volta installata la stazione o durante la sua manutenzione, effettuare sempre un controllo veloce ma sicuro della strumentazione, attraverso il controllo dello ***Status*** (*Paragrafo 4.1*):

- **Start**: deve essere ***ON*** con l'acquisizione avviata. Se è ***OFF*** significa che i dischi sono pieni e che il 130 ha fermato l'acquisizione.
- ***RAM***: se cliccando il pulsante ***Update*** la RAM aumenta, vuol dire che il 130 sta funzionando in modo regolare.
- **Disk**: per inserire una CF o nella fase di cambio dei dischi, controllare sempre il disco in uso (indicato come ***Current***). In ogni caso, una volta svitato il tappo dello scomparto che alloggia le CF e la batteria di *backup* (*Figura 7 – punto 4*), controllare che il *led* corrispondente al disco d'interesse sia verde. Se il *led* è rosso, significa che è in uso e non deve essere estratto attendendo il ritorno al *led* verde.
  NOTA: Il cambio della CF DEVE essere eseguito senza fermare l'acquisizione, l'importante è controllare che il *led* del disco sia verde.
- ***Temperature***: fornisce la temperatura della stazione (testata tra -20°e + 60°C).
- ***Power***: fornisce il voltaggio della batteria esterna, con un valore di circa 0,5V più basso rispetto al valore misurato col *tester.*
- **Batteria di *backup***: in condizioni normali è 3.3bkp. Se il valore di tensione è pari a zero, a seguito di una interruzione dell'alimentazione la stazione perde i parametri di configurazione e i dati nella RAM. Questo implica uno stato di ***Stop OFF*** al prossimo riavvio. La batteria deve essere tempestivamente sostituita e il 130 riconfigurata.
- ***GPS***: controllare sempre lo stato del GPS per vedere se il tempo è stato sincronizzato (*locked*), da quanto tempo e da quanti satellite abbiamo ricevuto l'informazione.
- ***Monitor***: se nel controllo delle forme d'onde (*Paragrafo 4.5*) il segnale è piatto, controllare se il 130 ha caricato i parametri. Se l'errore persiste controllare se è un problema di scheda cambiando il connettore del sensore (*Figura 7 – punto 1*). Se l'errore persiste ancora, cambiare l'acquisitore.

NOTA: È importante riportare tutte le informazioni acquisite durante l'installazione e il controllo, nelle apposite schede d'installazione (*Figura A38*) e di controllo delle stazioni (*Figura A39*).

rete sismica mobile CentroNazionaleTerremoti	**NOME ESPERIMENTO** **INSTALLAZIONE**
SIGLA:	**LOCALITÀ:**
OPERATORI:	
DATA E ORA:	

ACQUISITORE (MODELLO): | **S/N**:
SENSORE (MODELLO): | **S/N**:
GPS (MODELLO): | **S/N**:
COORDINATE:

ALIMENTAZIONE Pannello fotovoltaico | Corrente			
VOLTAGGIO BATTERIE			
Est (palm)		**Int** (palm)	*Backup:*

MONITOR					
Ch 1		**Ch2**		**Ch3**	

START:

NOTE:

DESCRIZIONE DEL PERCORSO

DESCRIZIONE GEOLOGICA E FOTO DEL SITO

Figura A38

rete sismica mobile
CentroNazionaleTerremoti

NOME ESPERIMENTO

CONTROLLO

SIGLA:	**LOCALITÀ:**
OPERATORI:	
DATA E ORA:	

STATUS ON/OFF	**NUMERO EVENTI**
DISCO 1:	**DISCO 2**
***STATUS* GPS**	

BATTERIE			
Est (palm)		**Int** (palm)	*Backup:*

MONITOR					
Ch 1		**Ch2**		**Ch3**	

PROSSIMO CONTROLLO PREVISTO:

NOTE:

EVENTUALE SOSTITUZIONE DELLA STRUMENTAZIONE:

1. **ACQUISITORE (Tipo e S/N): da | a**
2. **SENSORE (Tipo e S/N) : da | a**
3. **GPS (Tipo e S/N) : da | a**

Figura A39

Bibliografia

Users Guide Version 1.3.2.01 Document Rev M (2009.10.09), `http://support.reftek.com/`.

ALLEGATO B

Procedure di controllo e scarico dati di un REF TEK

di Aladino Govoni

Indice

Introduzione 55

1. Organizzazione dell'archivio dati di un esperimento 55

 1.1 Copiare i dati dalla CF al *notebook* 56

2. Controllo del funzionamento della stazione 57

3. *Backup* di campagna 60

4. Manutenzione delle CF 60

 4.1 Formattazione della CF 60

Introduzione

Sono state implementate delle procedure *standard* per la verifica del funzionamento delle stazioni e per effettuare le operazioni di *dump* dei dati (termine con il quale s'intende il passaggio dalla CF al *notebook* dei dati acquisiti).

Tali procedure, fino a qualche tempo fa residenti solo sui *server* di gestione dei dati, sono installate in tutti i *notebook* in uso presso la RSM e quindi eseguibili direttamente sul sito della stazione sismica con una serie di notevoli vantaggi:

1. Non è più necessario avere una doppia CF per ogni stazione. I dati vengono copiati nel PC direttamente sul sito e la CF può essere immediatamente riciclata. Ragioni di prudenza consigliano comunque di non riutilizzarla immediatamente aspettando fino al momento in cui ci sia una copia di *backup* dei dati contenuti nel PC anche su un *hard disk* esterno (vedi *Paragrafo 3.3*) Ipotizzando un *backup* giornaliero dei dati, la squadra di manutenzione deve portarsi un numero di CF pari al numero di stazioni che vengono visitate in un giorno.
2. Dall'analisi del contenuto della CF e dal grafico delle grandezze presenti nei *file* di *State Of Health* (SOH; vedi *Capitolo 1.*) è possibile rendersi conto di numerosi problemi (come la scarsa insolazione e/o ombreggiatura del pannello, la scarsa affidabilità della batteria, i problemi allo *slot* delle CF, i problemi di ricezione del GPS) che normalmente sarebbero stati sistemati al giro di manutenzione successivo.

Le procedure sono state sviluppate in ambiente *Linux* di cui si richiede una conoscenza di base.

1. Organizzazione dell'archivio dati di un esperimento

Per rendere omogenee le procedure di *dump*, è stato definito uno *standard* nello stile delle *directory* che ospitano temporaneamente i dati del *dump* prima di essere riversati, una volta in istituto, nel *server* MAYA della RSM. Le *directory* sono così organizzate:

`nomeEsperimento/dump/YY/NomeStazione`

dove:

`nomeEsperimento`	è la cartella identificativa dell'esperimento o dell'emergenza sismica in corso;
`dump`	è la cartella dove via via vengono scaricati i dati acquisiti in locale;
`YY`	è un codice numerico corrispondente al numero del *dump* che si sta portando a termine (quindi da 1 ad N);
`NomeStazione`	è la stazione che si sta scaricando. Se la stazione ha utilizzato due diverse CF bisogna usare lo stesso comando mettendo i dischi nel lettore uno dietro l'altro. L'ordine non è importante, è la procedura stessa che si preoccupa di fare il *merge* dei dati.

Esempio: per l'esperimento "**Messina-2008**", al primo *dump* della stazione **ME01**, i dati sono stati archiviati nella *directory* (*Figura B1*):

`Messina-2008/dump/01/ME01`

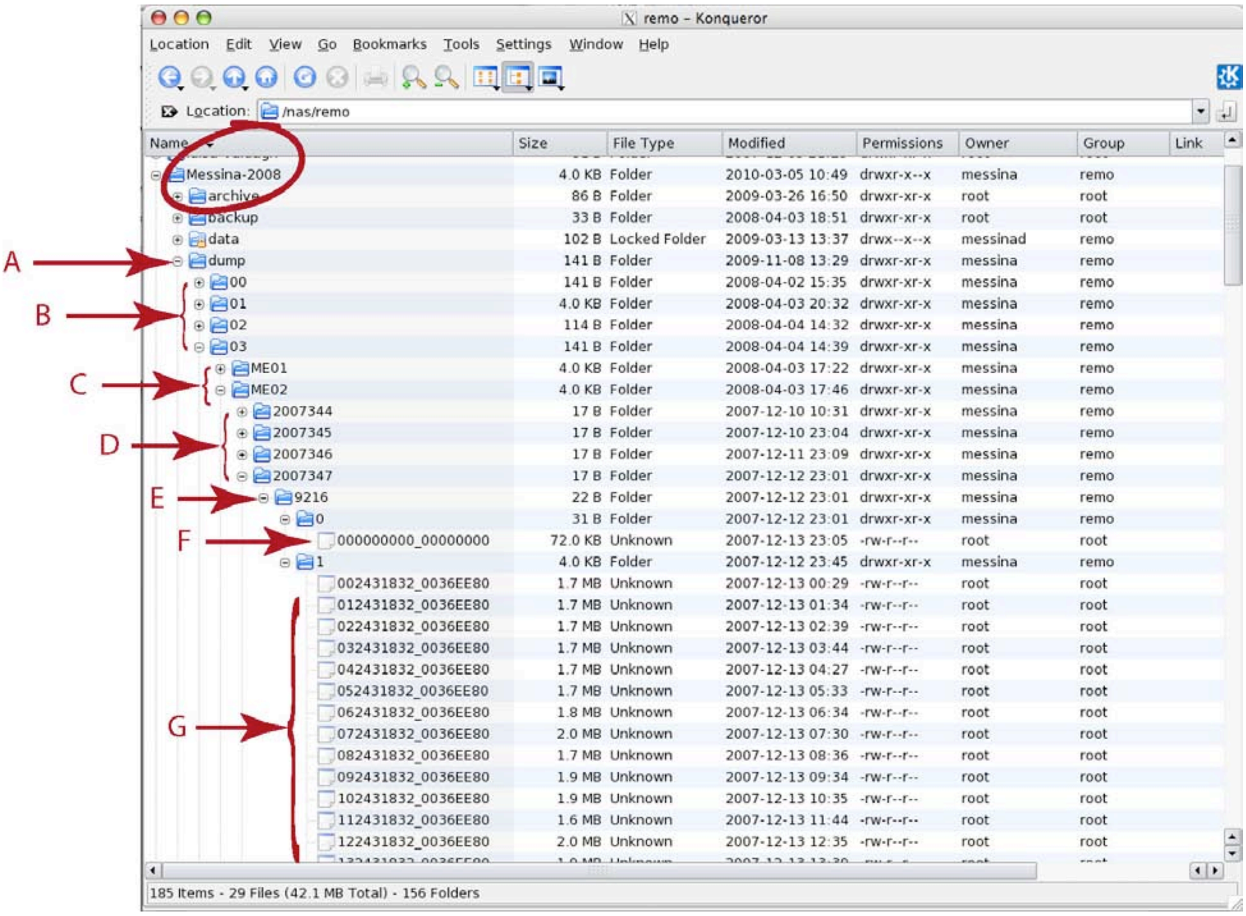


Figura B1

Nella Figura B1 si vede la tipica struttura dell'archivio dati di un esperimento. All'interno della cartella del progetto di ricerca (**Messina-2008**) la cartella ***dump*** (A) contiene una *directory* numerata sequenzialmente per ogni operazione di *dump* (B). All'interno di questa c'è una cartella per ogni sito stazione (MEXX; C) che contiene una copia conforme di tutti i dati contenuti nella CF della stazione (G) e il log dei dati di funzionamento, *State Of Health* (SOH; F). Il 130 organizza l'archivio dati sulla CF secondo il seguente albero:

YYYYJJJ/XXXX/s/HHMMSSmmm_DDDDDDDD

dove:

YYYY	è l'anno di registrazione;
JJJ	è il giorno giuliano di registrazione;
XXXX	è il *Serial Number* del 130;
S	è il numero sequenziale dello *stream* dati (0 è riservato al *file* SOH, 9 è riservato ai *trigger*);
HHMMSSmmm	è l'ora di inizio registrazione del *file* (HH=ora; MM=minuti; SS=secondi; mmm=millisecondi);
DDDDDDDD	è la durata in millisecondi del *file* espressa in valore esadecimale.

1.1 Copiare i dati dalla CF al *notebook*

Collegare il lettore di CF USB al *notebook* (*Figura B2*) con inserita la CF da copiare ed eseguire il comando:

```
$ rmCFdump -d nomeEsperimento/dump/YY NomeStazione
```



Figura B2

Il programma identifica automaticamente la CF da copiare. Verifica che ci sia lo spazio nella *directory* di destinazione e vi trasferisce tutto il contenuto visualizzando a terminale la percentuale di *file* copiati. A fine operazione imposta i permessi di lettura/scrittura/ ed il proprietario dei *file* copiati.

Di seguito un esempio dell'*output* del programma `rmCFdump` (*Figura B3*).

```
$ rmCFdump -d Messina-2008/dump/01 ME01
# rmCFdump : ... autodetecting
# rmCFdump : found 1 device(s)
# rmCFdump : found RefTek data on /dev/sdb1
# rmCFdump : checking source
# rmCFdump : source : /tmp/rmCFdump.8284 : used 19% (719M/3.9G): total 1723 files
# rmCFdump : checking destination
# rmCFdump : ... dumping compact flash content on /home/user/Messina-
2008/dump/01/ME01
# rmCFdump : copying 99.9% (1722/1723)
# rmCFdump : copied 719.0 MB (1723 files) at 12.6 MB/s
# rmCFdump : fixing permissions
```

Figura B3

<u>NOTA</u>: Se il lettore di CF è di tipo USB2 l'intera operazione è ragionevolmente veloce. Le CF hanno velocità di trasferimento tipicamente dell'ordine di 10 MB/s per cui il tempo necessario per copiare 1 GB di dati è dell'ordine di 1,5 minuti. Si sconsiglia vivamente di utilizzare lettori USB1 o peggio PC con porte USB1 o ancora peggio schede *pcmcia* che hanno prestazioni estremamente scadenti (si può arrivare ad aspettare 20 minuti per 1 GB di dati).

2. Controllo del funzionamento della stazione

Durante il *dump* in campagna è buona abitudine controllare il funzionamento della stazione nel periodo intercorso dall'ultimo controllo. Si tratta essenzialmente di controllare l'andamento dell'impianto di alimentazione (batteria e pannello solare), della temperatura giornaliera, dell'andamento delle scritture dei dati sulla CF e dell'acquisizione del GPS.

Il 130 genera nello *stream* 0 il file SOH che contiene dati dettagliati sull'andamento di tutti questi parametri. Il comando:

```
$ rmSOHplot -p nomeEsperimento nomeEsperimento/dump/YY NomeStazione
```

genera un *plot* cumulativo relativo all'intero periodo di registrazione presente nella CF (*Figura B4 e B6*) ed una serie di *plot* settimanali (*Figura B5*) e giornalieri che vengono archiviati rispettivamente nelle *directory* ***week*** e ***day***. Al termine dell'esecuzione questi *plot* vengono visualizzati da un *browser* di immagini che si avvia autonomamente.

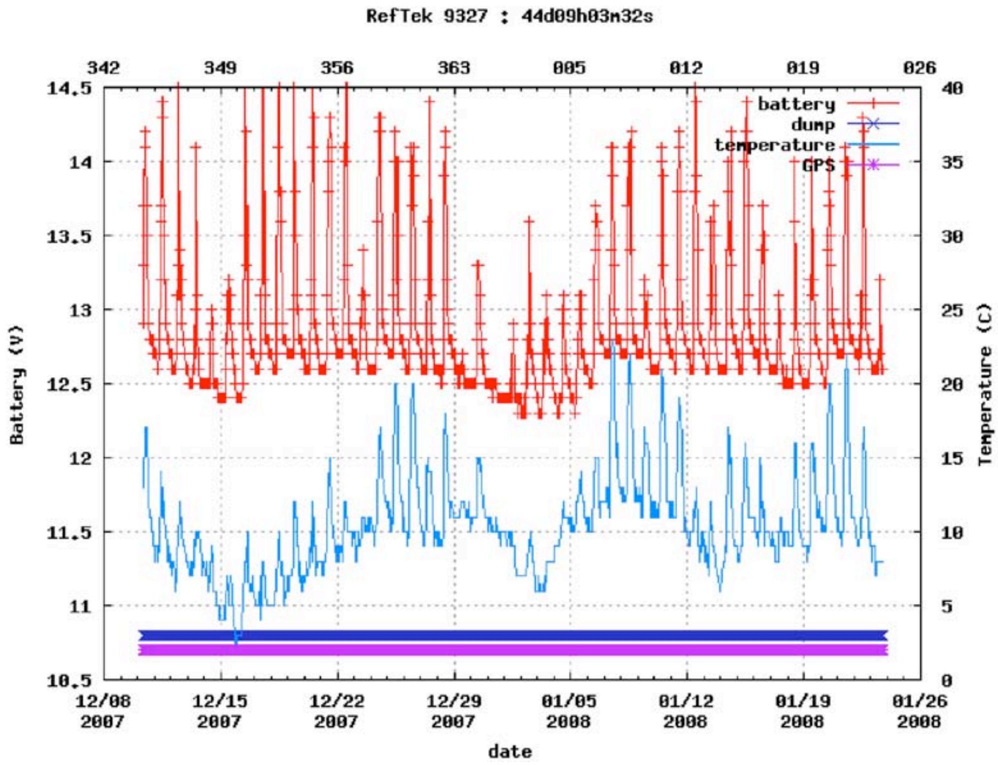


Figura B4

Partendo dal *plot* cumulativo (*Figura B4*) è possibile una prima valutazione a lungo periodo. La figura mostra l'andamento dei principali parametri di funzionamento di una stazione temporanea nell'esperimento "Messina1908-2008" [Moretti et al., sottomesso a Quaderni di Geofisica] per il periodo che va dal 10 dicembre 2007 al 24 gennaio 2008. In particolare è mostrato, seguendo la legenda dall'alto verso il basso, l'andamento della tensione della batteria (*battery* - in rosso), l'avvenuta scrittura del contenuto della RAM sulla CF (*dump*, in blu), l'andamento della temperatura dello strumento (*temperature* – in azzurro) e l'avvenuta sincronizzazione del tempo tramite il GPS (GPS - in viola). È importante controllare che la batteria non sia scesa troppo spesso al di sotto dei 12V. Se si nota un comportamento anomalo, si suggerisce di controllare mediante i *plot* giornalieri se ci sono ore del giorno in cui il pannello è in ombra e la ricarica della batteria non è sufficiente . Se in corrispondenza dei cali di tensione si osserva una temperatura bassa può infatti darsi che in realtà sia una giornata di scarsa l'insolazione. In questo caso è meglio consultare i *plot* settimanali (*Figura B5*) che sono a scala fissa e indicano il bilancio energetico dell'impianto. Se la tensione si abbassa troppo in 2 o 3 giorni di scarsa insolazione si raccomanda di sostituire la batteria.

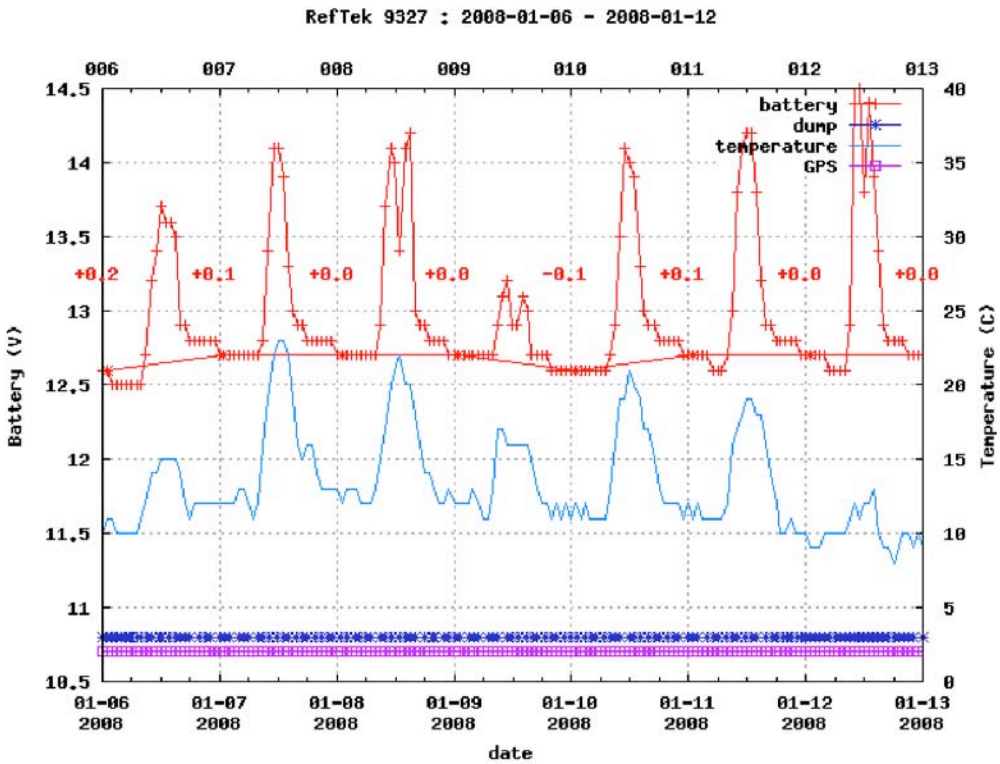


Figura B5

L'andamento del *dump* e del *lock* del GPS appare nei *plot* cumulativi (*Figura B4*) come due barre continue. In realtà sono realizzate disegnando dei simboli (vedi legenda) in corrispondenza di ogni operazione e per questo sono meglio osservabili nei *plot* settimanali (*Figura B5*) dove sono più evidenti eventuali anomalie.

Le interruzioni nelle barre indicano rispettivamente: uno stato di ***Start OFF*** o la mancata sincronizzazione del tempo. Sono tutte situazioni da chiarire.

Saltuarie impossibilità di scrivere i dati sulla CF possono indicare problemi di formattazione della stessa o di blocchi rovinati (che aumentano con l'età, la frequenza di uso e le condizioni estreme di temperatura). Ma possono anche essere legati a problemi dello *slot* di scrittura (eccessiva umidità, ossidazione dei *pin*).

Saltuarie impossibilità di sincronizzare il GPS possono indicare una certa cecità dell'antenna rispetto ad alcuni quadranti del cielo. In certi casi non sono molto preoccupanti, la frequenza di sincronizzazione è impostata ad 1 ora, ma il *clock* della stazione è sufficientemente preciso da tollerare anche una frequenza minore (ogni 3-4 ore).

In presenza di grosse irregolarità nella ricezione del GPS, è possibile eseguire un controllo tramite il secondo grafico che mette in relazione la temperatura (linea continua in azzurro) con lo scostamento del tempo interno della stazione al momento della sincronizzazione. Il grafico mostra inoltre il numero di ATD *Interrupt Error* (X in verde; *Figura B6*) che non devono essere presenti (erano un problema nelle prime *realease* del *firmware* REF TEK) se non sporadicamente. Con il simbolo "+" in viola viene invece indicato lo scarto del tempo al lock che in condizioni normali deve essere molto basso e distribuito *gaussianamente*.

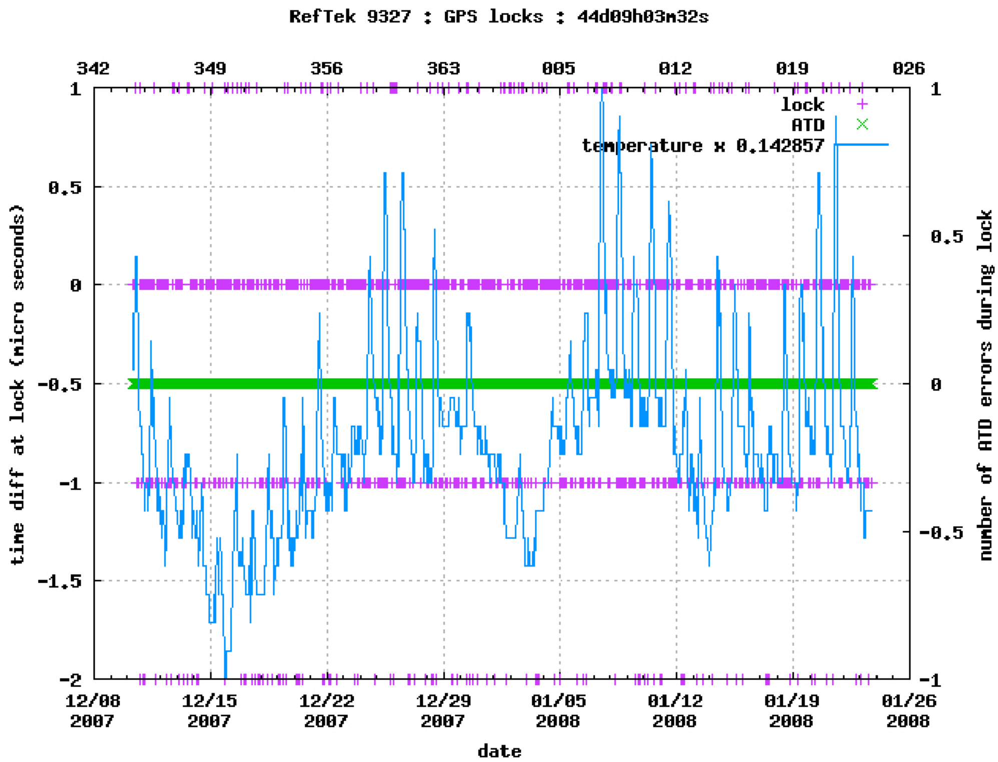


Figura B6

3. *Backup* di campagna

Durante la campagna di controllo della strumentazione e il *dump* dei dati, è buona abitudine eseguire ogni giorno almeno un *backup* giornaliero dell'*hard disk* del PC utilizzato.

Una volta collegato il disco di *backup*, lanciare il comando:

```
$ rmSync -p NomeEsperimento
```

controllando che l'operazione vada a buon fine. Il disco di *backup* viene normalmente identificato in maniera automatica e la sincronizzazione dei due *filesystem* viene effettuata con *rmSync* trasferendo soltanto le differenze. L'operazione può quindi essere effettuata con la frequenza desiderata (anche su ogni stazione).

Può succedere è che il disco di *backup* sia pieno. In questo caso si possono cancellare i dati dei *dump* precedenti che dovrebbero essere già stati trasferiti sul *server* Rete Mobile e duplicati sulla SAN CNT. È buona abitudine verificare lo stato del disco di *backup* prima di partire per la missione di manutenzione.

4. Manutenzione delle CF

Una corretta manutenzione delle CF è fondamentale per minimizzare le possibilità di perdita di dati accidentali (inserimento involontario di una CF piena in una stazione) o a causa di errata formattazione o di difetti nei settori. Le memorie a stato solido hanno un numero limitato di cicli di lettura e scrittura (tipicamente dell'ordine di 700-1000 a seconda della tipologia e delle marche) dopo i quali i settori iniziano a sviluppare difetti che portano alla corruzione dei dati o a errori nell'accesso in scrittura (l'impossibilità di scrivere i dati mette la 130 in uno stato di ***Start OFF***). Le condizioni ambientali in cui lavorano le CF sulle stazioni portano normalmente ad un invecchiamento precoce delle stesse.

Sono state sviluppate procedure per controllare lo stato della CF prima dell'utilizzo e per automatizzare le operazioni più prone ad errori.

4.1 Formattazione della CF

La 130 necessita di una CF formattata con un *filesystem* VFAT. La stazione è in grado di riformattare la CF in caso di bisogno, ma esegue la formattazione veloce che consiste nella riscrittura della FAT senza

alcun controllo dei blocchi difettosi. È consigliabile eseguire periodicamente (almeno una volta l'anno) una formattazione col controllo dei blocchi rovinati che vengono così esclusi dall'utilizzo nel *filesystem* tramite il seguente comando:

```
$ cfFormatDisk --dev /dev/sdX --check [--label Label]
```

dove ***/dev/sdX*** è il *device* su cui è collegata la CF. L'opzione ***--label*** è facoltativa e permette di assegnare una *label* al *filesystem* (il *default* è DC-XXXX). L'intera operazione, implicando la scrittura e la rilettura di tutti i blocchi interessati, dura in genere almeno quanto una copia completa (3-4 minuti per una CF da 2 GB).

Normalmente è sufficiente cancellare il contenuto della CF tramite il seguente comando:

```
$ rmCFclean --dev /dev/sdX
```

che monta il dispositivo, se necessario, cancella tutti i *file* e smonta il *filesystem*. Normalmente in UNIX/Linux i dispositivi removibili non vengono montati automaticamente. Nelle ultime *release* delle più popolari distribuzioni i *window manager* (GNOME e KDE) sono settati per montare automaticamente i dispositivi rimovibili come avviene in *Windows*, non è quindi più problematico capire quale è il *device*. Se dovesse servire, il seguente comando:

```
$ sudo blkid | grep fat
```

fa vedere la lista completa di tutti i *drive* con *filesystem fat*.

In linea di principio le procedure illustrate dovrebbero funzionare su tutte le distribuzioni Linux dotate di *tcsh* e *gawk* (GNU *awk*). Le procedure sono state sviluppate su distribuzioni *Slackware* (http://www.slackware.com) e testate su diverse distribuzioni *Ubuntu* (`http://www.ubuntu.com` dalla 7.?? alla 9.?? e *Ubuntu Remix* per *netbook*). Proprio sulle distribuzioni *Ubuntu* più recenti è stata evidenziata la necessità di installare *gawk* poiché la versione installata di *default mawk* manca di molte estensioni.

Coordinamento editoriale e impaginazione
Centro Editoriale Nazionale | INGV

Progetto grafico e redazionale
Laboratorio Grafica e Immagini | INGV Roma

Via di Vigna Murata, 605
00143 Roma
Tel. +39 06518601 Fax +39 065041181

http://www.ingv.it

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia